

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
Fakulta tělesné kultury

DIPLOMOVÁ PRÁCE
(magisterská)

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

**MOŽNOSTI VYUŽITÍ FUZZY TEORIE PRO HODNOCENÍ VÝKONNOSTNÍCH
PŘEDPOKLADŮ VE SPORTU**

Diplomová práce
(magisterská)

Autor: Monika Dvořáková, tělesná výchova- učitelství matematiky

Vedoucí práce: Prof. MUDr. Jan Novotný, CSc.

Olomouc 2017

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Bc. Monika Dvořáková

Název diplomové práce: Možnosti využití fuzzy teorie pro hodnocení výkonnostních předpokladů ve sportu

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí diplomové práce: prof. MUDr. Jan Novotný, CSc.

Rok obhajoby diplomové práce: 2017

Abstrakt:

Diagnostika faktorů sportovního výkonu je důležitým předpokladem pro plánování a řízení procesu sportovního tréninku. Výzkumný záměr diplomové práce spočívá v prezentaci možností využití fuzzy přístupu při hodnocení úrovně výsledků tenistů v testové baterii TENDIAG1a v komparaci hodnocení úrovně tenistů získané pomocí fuzzy přístupu a pravděpodobnostního přístupu. Výzkumný soubor byl tvořen tenistkami v letech 11–12 let ($n=193$), jejichž antropometrické a motorické charakteristiky byly získány pomocí testové baterie TENDIAG1 v letech 2000-2015. Úroveň motorických předpokladů byla vyhodnocena pravděpodobnostním přístupem pomocí třibodové škály a následně fuzzy přístupem. Při komparaci celkových výsledků hodnocení pomocí obou přístupů nebyly zjištěny věcně významné rozdíly a to ani u podskupin hráček, jejichž výsledky se v jednotlivých dílčích testech nacházely v blízkosti hranic dalších výkonnostních tříd. Alternativní hypotézu, která předpokládala významnosti rozdílů mezi výsledky hodnocení oběma přístupy, proto zamítáme. V souvislosti s identifikací a výběrem tenisových talentů se však využití fuzzy přístupu ukazuje jako vhodnější než pravděpodobnostní přístup, neboť umožňuje jemnější a komplexnější rozlišení úrovně testovaných jedinců.

Klíčová slova: fuzzy množiny, motorické schopnosti, sportovní výkon, tenis, talent

Diplomová práce byla zpracována v rámci řešení dlouhodobého projektu Českého tenisového svazu „Komplexní diagnostika v tenise“.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Autor's first name and surname: Bc. Monika Dvořáková

Title of the master thesis: Possibilities of application of fuzzy sets in evaluation of physical and motor performance in tennis

Department: Department of Nature Science in Kinanthropology

Supervisor: prof. MUDr. Jan Novotný, CSc.

The year of presentation: 2017

Abstract:

Diagnosis of factors of sporting performance is an important prerequisite for planning and management of sports training. The objective of the research is to present the potential usage of the fuzzy approach while evaluating the level of the results of the tennis players in the test battery TENDIAG1 and comparing the evaluation of the level of the tennis players obtained using the fuzzy approach and probabilistic approach. The research set consists of junior female tennis players aged 11-12 (n=193), the anthropometric and motor characteristics were obtained using a test battery TENDIAG1 in the years 2000-2015. Level of motoric requirements was evaluated by the classical probability method using the discrete three-point range, and by the fuzzy method. There were not found any significant differences between individual approaches, partial differences have not been found in the subsets of the players, whose results fell close to the performance levels borders. We can, therefore, dismiss the hypothesis on importance of differences in total results between individual approaches. Using the fuzzy approach has still proved to be more useful than the classical approach with the discrete scale, in terms of talent identification, for it enabled to differentiate a level of the tested players more finely.

Keywords: fuzzy sets, motor ability, sport performance, tennis, talent

This thesis was written as a part of the long-term project of the Czech Tennis Association "Comprehensive diagnostics in tennis."

I agree the thesis paper to be lent within the library services.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením prof. MUDr. Jana Novotného, CSc. a konzultanta doc. RNDr. Jiřího Zháněla, Dr., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Děkuji prof. MUDr. Janu Novotnému, CSc. a konzultantovi doc. RNDr. Jiřímu Zhánělovi, Dr. za pomoc a cenné rady, které mi poskytli při zpracování diplomové práce.

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	PŘEHLED POZNATKŮ	9
2.1	Úvod do teorie fuzzy množin a jejich aplikací	9
2.1.1	Některé základní vlastnosti klasických množin	9
2.1.2	Matematické základy teorie fuzzy množin	11
2.1.2.1	Pojem „vágnost“	11
2.1.2.2	Základní vlastnosti fuzzy množin	13
2.1.3	Historie fuzzy množin	16
2.1.4	Aplikace fuzzy množin	17
2.1.4.1	Aplikace ve sportu	21
2.1.5	Softwarové a fuzzy teorie	27
2.1.5.1	FuzzMe	28
2.2	Sportovní výkon	30
2.2.1	Faktory sportovního výkonu	30
2.2.2	Faktory sportovního výkonu v tenisu	34
2.3	Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu a v tenisu	37
2.4	Měření a testování	39
3	CÍLE A HYPOTÉZY	43
3.1	Výzkumný problém	43
3.2	Výzkumné cíle	44
4	METODIKA	45
4.1	Typ výzkumu	45
4.2	Výzkumný soubor	45
4.3	Měřicí procedury a metody sběru dat	45
4.4	Metody analýzy dat	46
5	VÝSLEDKY	48
5.1	Pravděpodobnostní přístup	50
5.2	Fuzzy přístup	50
5.3	Porovnání pravděpodobnostního a fuzzy přístupu	58
6	DISKUZE	63
7	ZÁVĚRY	64
8	SOUHRN	65

9	SUMMARY	66
10	REFERENČNÍ SEZNAM.....	67
11	PŘÍLOHY.....	75

1 ÚVOD

Diagnostika pohybových činností člověka má podstatnou funkci pro řízení a optimální průběh sportovního tréninku. Její historie prošla dlouhodobým vývojem a převážná většina výsledků je zpracovávána klasickými metodami pravděpodobnostního přístupu. Nové způsoby hodnocení výkonnosti jsou v kinantropologii málo známé a používané. Mezi takové metody patří právě fuzzy přístup založený na základech fuzzy logiky, který na rozdíl od pravděpodobnostního přístupu nemá nevýhodu ostrých čísel, a tím odstraňuje limity omezující objektivnost hodnocení. Fuzzy teorie byla publikována již v roce 1965 profesorem Zadehem a v dnešní době je prezentována na přednáškách Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého, jichž jsem měla možnost se zúčastnit. Uplatnění fuzzy logiky můžeme nalézt v rozličných oblastech lidského dění. Hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů ve sportu pomocí fuzzy množin je v diplomové práci ukázáno na příkladu tenisové testové baterie TENDIAG1 a srovnáno s klasickým pravděpodobnostním přístupem.

Tenis je jako olympijský sport a jeden z nejpobulárnějších sportů současnosti předmětem řady výzkumů. Jeho oblíbenost je spojena s možností ho vykonávat ve všech formách (závodní, výkonnostní i rekreační). Sportovní výkon v tenisu je ovlivněn řadou faktorů. V diplomové práci byly rozvedeny jen ty faktory sportovního výkonu v tenisu, které se objevují v testové baterii TENDIAG1, tzn. somatické a kondiční, jako síla, rychlost, vytrvalost a pohyblivost.

Výsledky diplomové práce mohou být užitečné pro mladé tenisty a jejich trenéry a budou prezentovány v rámci odborných sympozií, seminářů a konferencí.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Úvod do teorie fuzzy množin a jejich aplikací

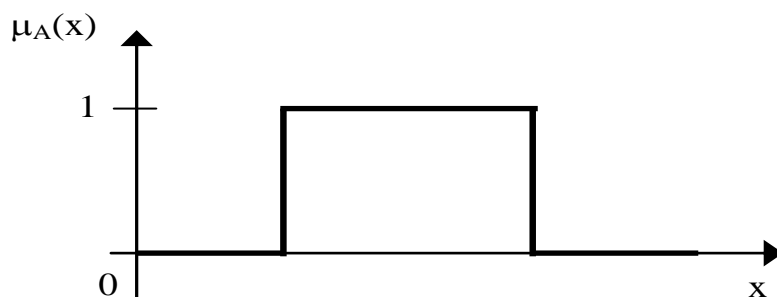
Při aplikaci matematických věd v praxi musí člověk čelit zásadnímu rozporu. Na jedné straně se setkává s velkou přesností, s jakou je daný problém popsán, na druhé straně si však přílišná složitost vynucuje řadu zjednodušení a matematický popis je nevýstižný (Novák, 1990). Tímto se dostáváme ke dvěma hlavním typům matematické logiky. Klasickou logiku spojuje Bělohlávek a Klir (2011) s teorií množin, kde je každý výrok jednoznačně spojen s klasickou množinou. Druhou vícehodnotovou logiku nazýváme fuzzy logiku, jejímž zakladatelem je Zadeh nebo ji dokumentuje např. Gottwald (in Bělohlávek & Klir, 2011).

2.1.1 Některé základní vlastnosti klasických množin

Jedním z nejvýznamnějších objevů v historii matematiky je teorie množin. Všechny matematické objekty, které již byly vytvořeny dříve, bylo možné znovu zrekonstruovat v rámci teorie množin. Proto se stala univerzálním jazykem matematiky (Novák, 1990). Kopecký (2004) uvádí, že první pojednání o teorii množin zveřejnil roku 1782 George Cantor. Množinu označuje jako „souhrn určitých navzájem rozlišitelných objektů našeho vnímání nebo myšlení, které mohou být shrnuty v jediný celek“. Tento výrok však nelze považovat za definici množiny, neboť pojem množina nelze vysvětlit pomocí jiného nedefinovaného pojmu jako souhrn.

Novák (1990) uvádí základní pojmy v klasické teorii množin a to pojmy „třída“ a „býti prvkem“. Pro každý prvek lze jednoznačně určit, zda do dané množiny patří, nebo nepatří. Nechť φ je vlastnost. Pak řekneme, že objekt Y *náleží* (*je prvkem, patří*) do třídy X , právě když má vlastnost φ , což schematicky zapíšeme $X = \{Y, \varphi(Y)\}$. Kopecký (2004) označuje *množinu* jako třídu, která je sama prvkem jiné třídy. Každá množina je třídou, ovšem ne každá třída bude množinou. Třidu, která není množinou, nazveme vlastní třídou. Množinu lze tedy chápat jako třídu určenou vlastností „být prvkem dané množiny“.

Klasické množiny mají ostré hranice, jak znázorňuje obrázek 1, na němž máme charakteristickou funkci μ_A množiny A . Ta je ostře ohraničena krajními hodnotami a nabývá hodnoty 1 pro všechna x , která do množiny patří, a hodnoty 0 pro x , která do množiny nepatří (Dynda & Medek, 1997).



Obrázek 1. Grafické znázornění charakteristické funkce klasických množin (Dynda & Medek, 1997, 2).

Dvě množiny mohou být ve vztahu *inkluze*, což znamená, že jedna množina je podmnožinou druhé, *rovnosti*, kdy prvky patřící do jedné množiny patří i do množiny druhé, *disjunkce*, tedy množiny nemají žádný společný prvek, a *incidence*, kdy existuje alespoň jeden prvek patřící do obou množin. Dále můžeme určovat operace jako doplněk, průnik, sjednocení a rozdíl dvou množin (Kopecký, 2004). Názorný příklad pro pochopení množin vysvětluje Elsea (2014). Ten naznačuje, že je velmi důležité porozumět klasickým množinám, abychom pronikli do podstaty fuzzy množin. Jako příklad charakterizuje množinu lidí ve třídě, která nosí kabáty. Další množinou může být množina všech těch lidí ve třídě, kteří nosí svetry. Obě množiny jsou zřetelné, nicméně každý člen každé množiny je také osoba, takže množina všech osob ve třídě obsahuje obě skupiny. Množina lidí s kabáty je tedy podmnožinou množiny osob ve třídě. Další podmnožinou množiny lidí ve třídě je množina osob jak s kabáty, tak se svetry. Tato podmnožina představuje průnik množin. Sjednocení množin představuje množina lidí, kteří nosí buď svetry, nebo kabáty.

Koncept *náležení* mezi prvky a množinami je v klasické teorii množin jedním z klíčových konceptů. Je chápán jako jednoznačný vztah: **daný prvek je, nebo není prvkem množiny** (Holeňa, 1994). Toto pojetí je však chápáno při aplikacích matematiky v neexaktních oborech (medicína, psychologie, kinantropologie atd.) jako omezující. Omezení se projevuje zvláště při

- prezentaci vágních pojmů, náhodných vlivů a okolností,
- práci s nespolehlivými a nepřesnými údaji a daty, zpracování neúplných informací,
- požadavku dostatečné velikosti souborů či vícenásobného normálního rozdělení,

- požadavku homogenity, linearity, stochastické nezávislosti atd. (Holeňa, 1994; Zinner et al., 1994).

2.1.2 Matematické základy teorie fuzzy množin

Slovo „fuzzy“ pochází z angličtiny a použité jako adjektivum znamená *mdlý, nejasný, zmatený a neurčitý* (von Altrock, 1993). Kostelanský (1995) doplňuje, že teorie fuzzy množin je právě matematickou teorií, která připouští možnost, že daný prvek náleží do množiny pouze částečně. Tato teorie umožňuje vytvořit matematický obraz skutečnosti, který je daleko bližší zkoumané části reality než dosud používané matematické modely. Podle Pulpána (1997) se pochybnosti a nepřesnosti pozorování vkládají přímo do modelu, popisovaný jev není třeba hned od počátku idealizovat. Teorie fuzzy množin se tedy opírá o hlubší popis části pozorovatelné reality a s tím souvisejícího problému.

Holeňa (1994) dodává, že teorie fuzzy množin slouží pro charakteristiku jevů, které bychom stěží popisovali klasicky, resp. jevů s nejasnými hranicemi. Koncept fuzzy množin je mimořádně vhodný k reprezentaci nejistoty, vágních znalostí, nepřesných údajů atd. Zpracování nejistoty s cílem získávat nové znalosti či zpřesňovat dosavadní je založeno na základních operacích s fuzzy množinami, mezi nimiž jsou nejdůležitější průnik a sjednocení.

V neposlední řadě je důležité, že při užití fuzzy logiky nevznikají žádné falešné naděje jako při užití některých jiných vědeckých metodách. Ovšem i pro uplatnění fuzzy logiky existují hranice; je to jen jeden z mnoha vhodných nástrojů - často lze docílit optimálních výsledků při kombinaci konvenčních metod s fuzzy logikou. „Portfolio“ metod je ovšem fuzzy logikou podstatně obohaceno (Klett, 1995).

2.1.2.1 Pojem „vágnost“

Kostelanský (1995) charakterizuje latinský pojem vágnost jako *nestálý, kolísavý, neurčitý a pochybný* a doplňuje, že v dnešním světě vzniká potřeba pracovat se specifickými ne přesně definovanými a striktními informacemi, neboť právě jistá neurčitost, vágnost je jednou ze základních vlastností reálného světa.

Velká přesnost matematického popisu složité reality si vynucuje jistá zjednodušení, což ve svém důsledku způsobuje nevýstižnost matematického popisu. Vedle mnohotvárnosti

přirozeného jazyka je jeho hlavní síla ve schopnosti funkčně využívat vágní pojmy. Každý vágní pojem charakterizuje určitou třídu objektů, jejíž hranice bychom velmi těžce určovali. Například kdy lze říci, zda člověk je, či není chytrý (Novák, 1990)? Nowacki (2014) ve svém díle pokládá otázky typu „Jill hraje tenis dvakrát do roka. Můžeme ji označit jako tenistku?“ Nebo „Marie žije půl roku ve Francii a půl roku v Brazílii. Je Marie občankou Francie?“

Dle Pulpána (1992) matematika postihuje situace běžného života vytvářením modelů. Každý matematický model je ovšem nepřesný a zdůrazňuje jen vybrané stránky nebo vlastnosti zkoumaného jevu z důvodu složitosti a vzájemné souvislosti jevů. Ne jedna situace vyžaduje odpovědi typu *částečně četné, více méně vhodné, poměrně malé* atd., a to striktní popis matematického systému, vyžadující jednoznačnou odpověď „ano/ne“, neumožňuje. Novák (2012) připojuje jazykové výrazy jako *malé, střední, velké, přibližně 25, přibližně 100, velmi krátké, více či méně hluboké, teplé nebo středně horké, ne příliš vysoký, zhruba silný, zhruba středně důležité* a mnoho dalších. V tomto pojetí se pojmy reálného světa nedají zjednodušit tak, aby popisovaly jistý jev a přitom se daly jednoznačně zařadit do klasické matematické množiny.

Problémy vznikající při snaze o přesné vymezení pojmů dokumentujeme na příkladech:

1. Novák (1990,29) uvádí příklad antického paradoxu hromady: „Mějme malou hromadu kamení. Přidáme-li jeden kámen, dostaneme opět malou hromadu. Tedy, každá hromada (kamení) je malá“.
2. Shin a Wang (2010) odpovídají na otázku definice vágnosti ve staré hádance o holohlavém muži. Předpokládá se, že nejprve muž holohlavý nebyl, potom ztratil jeden vlas po druhém, až se nakonec holohlavým stal. Z toho vyplývá, že vypadnutí posledního vlasu ho přeměnilo na holohlavého, což je absurdní. Holohlavost je tedy vágní pojem, neboť o některých mužích můžeme říct, že jistě holohlaví jsou, jiní jistě nejsou. Ovšem mezi nimi se vyskytují muži, o kterých nemůžeme říci, zda jsou, či nejsou holohlaví.
3. Drösser (1994) uvádí následující příklad: Chceme-li definovat pojem „velký muž“, musíme stanovit hranici, např. *velký je muž větší než 1,80m*. Podle této definice je muž A vysoký 181 cm označen jako *velký*, zatímco muž B vysoký 179 cm *není velký* - přestože mají oba téměř stejnou tělesnou výšku. A navíc - protože se tělesná výška v průběhu dne zmenšuje, může být muž A označen dopoledne jako *velký* a odpoledne již *ne*!
4. Tvrdí-li zákazník, že kvalita služeb sportovního centra je dobrá, jedná se o vágní termín. Máme jistý význam, protože slovo dobrý může mít heterogenní význam pro různé

zákazníky v závislosti na jejich osobnosti, kultuře nebo kontextu výzkumu (Martínez, Ko & Martínez, 2010).

5. Výrok "Dnes je slunečný den" může být 100% pravda, pokud nejsou žádné mraky na obloze, 80% pravda, jestliže je několik mraků na obloze, 50% pravda, pokud se jedná o mlhavý den, a 0% pravda v případě, že mraky zcela zakryly oblohu (Lozano & Fuentes, in Martínez, Ko & Martínez, 2010).
6. Přistoupíme-li na běžně užívanou klasifikaci, že jako *plavec* je označována osoba, která uplave 200 metrů, znamená to ovšem, že osoba, která uplave 199,99 m, je *neplavec*, a osoba, která uplave jen o 1 cm více, je plavec (Zháněl, Lehnert & Černošek, 2006).

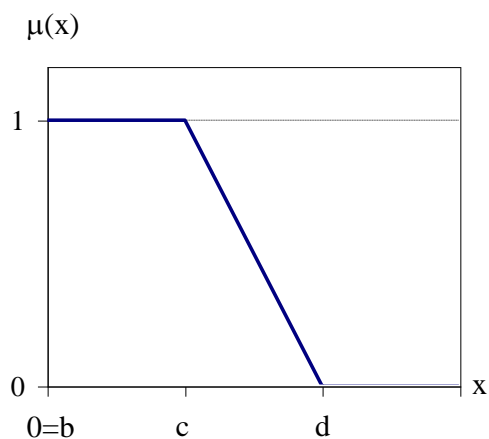
2.1.2.2 Základní vlastnosti fuzzy množin

Fuzzy množina je základním pojmem fuzzy teorie. Na rozdíl od klasické množiny připouští kromě úplné nebo žádné příslušnosti prvku k množině také příslušnost částečnou. Novák (1990) řeší problém stanovením *stupně příslušnosti*. Pokud nebudeme schopni stanovit přesné hranice určené vágním pojmem, nahradíme rozhodnutí o náležením či nenáležením prvku do ní mírou vybíranou z nějaké škály. Každý prvek bude mít přiřazenou míru vyjadřující jeho místo a roli v této třídě. Tuto míru nazveme *stupněm příslušnosti* prvku do dané třídy a třídu, v níž každý prvek je charakterizován stupněm příslušnosti do ní, nazveme *fuzzy množinou*. Lze také říci, že stupeň příslušnosti vyjadřuje stupeň našeho přesvědčení, že daný prvek patří do dané fuzzy množiny. To znamená, že *stupeň příslušnosti* je určitá míra, se kterou může prvek patřit do množiny. Čím vyšší je stupeň příslušnosti, tím je zastoupení prvku vyšší. Můžeme ho chápat také tak, že vyjadřuje míru pravdivosti tvrzení, že daný prvek patří do množiny. Převážně se za stupeň příslušnosti uvažuje reálné číslo z jednotkového intervalu $< 0, 1 >$. Prakticky to znamená, že namísto dvou hodnot (0 a 1) máme na vyjádření příslušnosti prvku k množině nekonečně mnoho hodnot z intervalu $< 0, 1 >$. *Funkcí příslušnosti* nazýváme funkci, která každému prvku univerza přiřadí stupeň příslušnosti (Kostelanský, 1995).

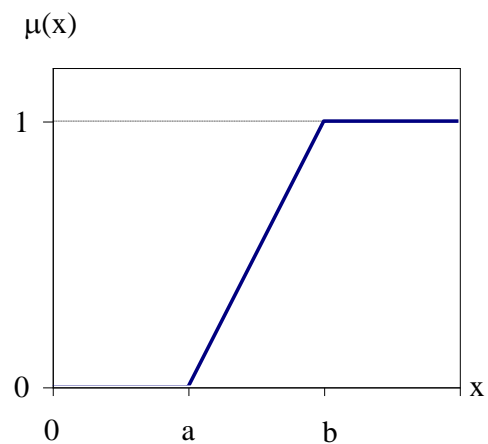
Stupeň náležitosti 0 prvku x k fuzzy množině A znamená, že prvek x do fuzzy množiny A nepatří vůbec. Stupeň náležitosti 1 prvku x k fuzzy množině A znamená, že prvek x do fuzzy množiny A patří úplně. Pokud stupeň náležitosti prvku x náleží otevřenému intervalu $(0,1)$, znamená to, že prvek x patří do fuzzy množiny A jen částečně. Charakteristické funkce neboli funkce příslušnosti resp. náležitosti mohou být reprezentovány mnoha různými fuzzy množinami (v podstatě nekonečně mnoha). Průběh funkce příslušnosti

může být rozmanitý v závislosti na skladbě prvků a expertním posouzení jejich náležení do fuzzy množiny (Dynda & Medek, 1997; Kostelanský, 1995; Novák, 1990; Půlpán, 1992).

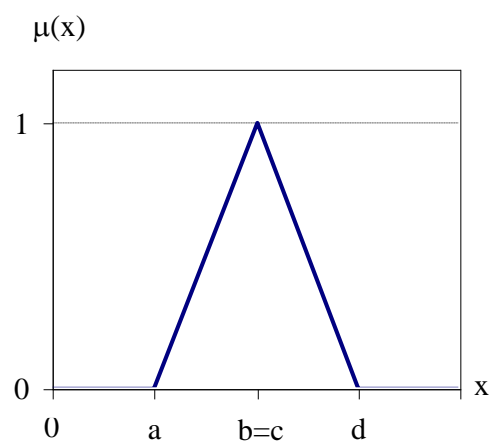
Velmi důležitou roli hraje volba funkce příslušnosti dané fuzzy množiny. Nejvhodnější tvar funkce buď necháváme vybrat experta z oblasti, v níž chceme fuzzy množinu aplikovat, za další jej můžeme zjistit prokládáním daty, která popisují zkoumaný jev v realitě, nebo nastává možnost modifikace či transformace funkcí příslušnosti již známých fuzzy množin. V některých praktických aplikacích se pro zjednodušení používají fuzzy množiny, jejichž charakteristické funkce jsou po částech lineární (Holeňa, 1994). Dynda a Medek (1997) dodávají, že je vhodné volit funkce příslušnosti co nejjednodušší vzhledem k dané úloze. Nejčastěji užívané druhy funkcí příslušnosti znázorňuje Obrázek 2. Grafy těchto funkcí mají lineární vzestupné i sestupné hrany a jejich tvar může být zadán čtyřmi prvky a, b, c, d , třemi prvky b, c, d nebo dvěma prvky a, b . Prvek a je největším prvkem, který do fuzzy množiny A vůbec nepatří, ale alespoň jeden prvek větší než a do ní patří alespoň částečně. Prvky b a c jsou prvky, které do fuzzy množiny A patří úplně, přičemž každý prvek menší než b a každý prvek větší než c do fuzzy množiny A nepatří nebo patří pouze částečně.



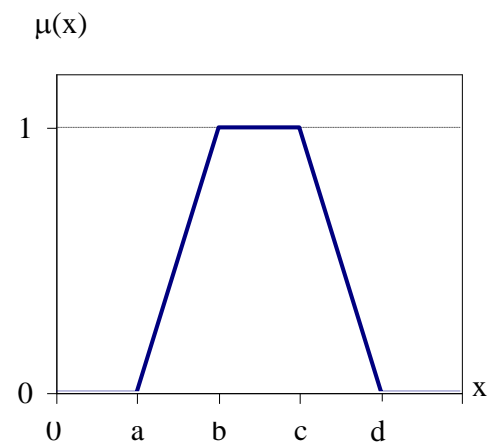
L - funkce příslušnosti



Γ - funkce příslušnosti



Λ - funkce příslušnosti



Π - funkce příslušnosti

Obrázek 2. Grafy nejčastěji používaných funkcí příslušnosti fuzzy množin (Dynda & Medek, 1997, 5-6).

Grafy funkcí příslušnosti nemusí být vždy jen jednoduché - funkce příslušnosti, jejímž grafem je kvadratická funkce, se nazývá S-funkce, funkce s exponenciálním průběhem grafu je označována jako E-funkce. Takovéto funkce příslušnosti se aplikují především na složitější diagnostické případy (Dynda & Medek, 1997).

2.1.3 Historie fuzzy množin

„Zda je potřeba fuzzy logika“ je otázka, která je spojena s dlouhou historií temperamentní diskuse a debatou sahající až do zveřejnění první knihy o fuzzy množinách v roce 1965 (Zadeh, 2008).

Dle Zimmermanna (1993) lze dosavadní vývoj fuzzy logiky možno dělit na tři fáze:

- fázi teoretického vývoje (od roku 1965 asi 15 až 20 let),
- fázi uplatnění teoretických výsledků v praktickém využití (dalších asi 10 až 15 let),
- dosud trvající fázi celosvětového zájmu o fuzzy technologie.

Fuzzy logika byla z větší části předmětem skepticismu a výsměchu, z části proto, že slovo "rozmazaný, nejasný" je obecně používáno v pejorativním smyslu. Zde je několik příkladů toho, co bylo řečeno o fuzzy logice v 70. letech 20. století

- Profesor Rudolf Kalman, geniální vědec, se stručně vyjádřil k prezentaci profesora Zadeha: „Návrhy profesora Zadeha by mohly mít určitou váhu. Není pochyb o jeho nadšení pro fuzzy teorii. Dovolte mi říci zcela kategoricky, že neexistuje žádná věc jako mlhavá. Máme mluvit o fuzzy záležitostech, přičemž nejsou vědeckou koncepcí. Významní vědci v minulosti objevili a formulovali svá zjištění bez fuzzy teorie, a právě díky těmto vynálezům jsme pokročili ve světě.“
- Profesor William Kahan, geniální počítačový vědec, komentuje fuzzy logiku: „Fuzzy teorie je špatná a zhoubná. Nemyslím si, že jakékoliv záležitosti nemohou být řešeny lépe než běžnou logikou. Chamtivost, slabost a nerozhodnost nás dostala do téhle šlamastyky. To, co potřebujeme, je logičtější myšlení. Nebezpečí fuzzy teorie spočívá v tom, že bude podporovat nepřesná myšlení, která nám přinesla tolik problémů.“
- Profesor Dennis Lindley, významný „Bayesian“, v komentáři k přiměřenosti teorie pravděpodobnosti: „Jediný uspokojivý popis nejistoty je pravděpodobnost. Tím mám na mysli, že každý výrok nejistoty musí být ve formě pravděpodobnosti; že počet pravděpodobností je adekvátní zvládnout všechny situace zahrnující nejistoty.“
- Profesor Susan Haack, prominentní logik a filozof, komentoval potřebu fuzzy logiky v knize "Deviant Logic Fuzzy Logic": „Vzhledem k tomu, že ani jeden z hlavních argumentů, které jsou nabízeny v prospěch fuzzy logiky, není přijatelný, jsem dospěl k závěru, že fuzzy logiku nepotřebujeme“ (Zadeh, 2008).

Teorie fuzzy množin se od druhé poloviny 60. let stále více prosazuje v řadě oborů. Obrovské množství odborných publikací či četné aplikace v rozličných oborech, jako průmyslu, medicíně, chemii a dalších, svědčí o prudkém rozvoji této disciplíny. Hlavní myšlenkou fuzzy teorie je, že lidské jednání a vytváření pojmů není nutno modelovat pouze pomocí přesných matematických pravidel a kvantitativního hodnocení. Je tedy obecně chápána jako alternativa ke konvenčním požadavkům determinismu a exaktnosti; znázorňuje takový přístup, který využívá neostrého pojmového modelování lidského myšlení k tomu, aby také systémy, které nemohou být přesně popsány, byly adekvátně zobrazeny pomocí modelů (Klett, 1995).

Dnes, v blízkosti čtyř desetiletí po svém početí, je fuzzy logika daleko méně kontroverzní, než tomu bylo v minulosti. Z filosofického, matematického a metodologického zřetele je etablována jako fundovaný, ohraničený (např. oproti teorii pravděpodobnosti), mezioborový (např. zahrnující klasickou nauku o množinách a výrokovou logiku) vědní obor. Rozsáhlý dopad fuzzy logiky je příliš jasný, aby byl ignorován. Významnou metrikou vlivu fuzzy logiky je počet článků v literatuře s " Fuzzy " v názvu. Existuje více než 53 000 článků uvedených v databázi INSPEC a více než 15 000 v databázi Math Science Net. Další významnou metrikou je počet fuzzy-logiky související s patenty: více než 4 800 v Japonsku a přes 1 500 ve Spojených státech (Leist, 1996; Zadeh, 2008).

2.1.4 Aplikace fuzzy množin

Novák (1990) tvrdí, že neexistuje obor, v němž by fuzzy množiny nebylo možné použít. Velmi často jsou aplikovány v různých metodách operačních systémů. Význam mají při reprezentaci znalostí, expertních systémech, porozumění přirozenému jazyku či učení. Autor spolu s Nowackim (2014) rozebírá využití fuzzy množin v umělé inteligenci, komunikaci člověk – stroj. Umělé inteligence jsou navrženy tak, aby napodobily lidský proces uvažování, například při ztělesnění počítače s lidskými schopnostmi (zrakové, sluchové, myšlení atd.). Nowacki (2014) pokračuje v aplikaci fuzzy logiky rovněž v oblastech řízení projektů, při zpracování modelů ceny produktů, předpovídání prodejů, kriminální identifikace a zpracování signálu. Další využití můžeme vidět u elektrospotřebičů na příkladech vysavačů, fénů, holicích strojků, televizorů či videokamer nebo ve výtazích či sprchách. Sagar a Babu (2012) navazují v uplatnění fuzzy techniky v několika oblastech zpracování obrazu (např. filtrace, interpolace a morfologie). Zaměřují se na techniku pro filtrování obrazu a představují

nový rámec pro filtrování barevného videa poškozeného náhodným impulsem hluku. Demicco a Klir (2004) využívají fuzzy logiku v geologii a další uplatněné můžeme nalézt v oblastech zemědělství, lékařství a průmyslu. Nyní si ukážeme alespoň ty nejdůležitější oblasti.

Rozhodování a řízení

Stoklasa et al. (2015) označuje rozhodování jako nedílnou součást našeho každodenního života a také jako klíčový prvek pro blaho společností. Neustále se totiž nacházíme v situacích, kde je třeba vzít v úvahu mnoho alternativ a kritérií. Novák (1990) zařazuje rozhodování a řízení jako důležitou oblast pro uplatnění fuzzy množin. Rozhodovací a řídicí subjekty totiž jsou zpravidla lidé, kteří formulují problém pomocí více nebo méně vágních pojmů. Mnohdy je složitost řízeného objektu, který klasickými prostředky buď popsat nelze, nebo je popis tak složitý, že je v praxi nepoužitelný, důvodem pro použití fuzzy množin. Obecně lze dle Nováka (1990, 185) rozhodování ve fuzzy prostředí zformulovat takto: „Nechť je dána *množina alternativ*, nechť jsou specifikovány *cíle*, kterých chceme dosáhnout, a *omezení*, které musíme dodržet. Naším úkolem je najít alternativu, která by co nejlépe vyhovovala všem cílům a omezením“. Například stavební podnik má vybrat stavby, které začne stavět v příštím období. Množina alternativ jsou jednotlivé projekty staveb. Cílem je stavět pouze stavby se ziskem alespoň 1 mil. Kč měsíčně a omezením je podmínka, aby termín dokončení stavby byl méně než dva roky od jejího zahájení.

Další metodou je metoda vah pocházející z roku 1978 od Saatyho. Je založena na vzájemném porovnání důležitostí objektů prováděném na subjektivním ohodnocení. Přičemž váhy jsou čísla, která jsou přiřazena nějakým objektům a která vyjadřují jejich důležitost. Saaty navrhuje použít devítibodovou škálu

- 1 = stejně důležité,
- 3 = mírně důležitější,
- 5 = významně důležitější,
- 7 = podstatně důležitější,
- 9 = absolutně důležitější.

Hodnoty 2, 4, 6, 8 vyjadřují kompromis mezi 1 a 3, 3 a 5, 5 a 7, 7 a 9. Převrácené hodnoty $1/2, 1/3, \dots, 1/9$ vyjadřují, že naopak druhý prvek je důležitější než první (Novák, 1990).

Rozhodováním se zabývají ve svém výzkumu i Naim et al. (2009). Diskutují, že při rozhodování se obvykle zaměřovalo pouze na pozitivní charakteristiky dané problematiky bez ohledu na charakteristiky negativní. Nicméně vyhodnocení se v reálných situacích stává komplexní, pokud jsou v potaz brány i záporné míry a zároveň se tak rozhodování stává neúčinnější. Proto navrhuji preferenční model, který zohledňuje jak pozitivní, tak negativní stranu problému, a ukazuje se jako jednoduchý a praktický.

Proces regulace

Úspěch teorie regulace závisí na tom, jak dobře je popsán proces, který chceme regulovat. V praxi se často setkáváme s procesy, které buď matematicky vůbec popsat neumíme, nebo je jejich popis složitý a nepoužitelný. V dnešní době je teorie regulace již dobře vyvinutá disciplína. Pokusy použít pro regulaci složitých procesů teorie fuzzy množin přinesly výsledky v podobě fuzzy regulátorů. Jde o jazykový popis regulace pomocí podmíněných výroků ve tvaru „*Jestliže ..., pak*“. Cílem fuzzy regulátoru je nahradit člověka, kde jeho přítomnost byla dosud nezbytná (kormidelník, dispečer v průmyslu apod.) (Novák, 1990).

Zio, Baraldi a Popescu (in Hubáček, Zháněl a Polách, 2015) tvrdí, že první vlnu úspěšných aplikací fuzzy množin odstartovaly v 80. letech 20. století fuzzy regulátory v oblasti strojírenství, stavebnictví, dopravy a elektromotoriky. Dle Nováka (1990) má fuzzy regulátor řadu aplikací. Byl navržen např. pro řízení lodi, řízení koncentrace metanu prostřednictvím otevírání větracích dveří v uhelných dolech, pro řízení křižovatky. Při výrobě v cementářské peci byly použity výroky:

JESTLIŽE je teplota ve spalovací zóně mimořádně nízká,

PAK snižte rychlost otáčení.

JESTLIŽE je koncová teplota vysoká,

PAK snižte přívod vzduchu.

Klett (1995) uvádí, že zvláště užití v řízení a regulaci se jeví jako vhodná oblast pro fuzzy logiku, na jejímž principu pracuje řada přístrojů jako videokamery, přístroje na měření krevního tlaku, klimatizační zařízení, vozidla, jeřáby, pračky aj.

Prezentace informací

Další oblastí pro využití fuzzy množin je výběr a zpracování informací. V dnešní době je jedním z problémů přemíra informací. Člověk je však schopen vstřebat pouze omezené množství informací. U řídicích pracovníků navíc rozhoduje v mnoha situacích čas. Proto vznikly v hospodářských organizacích útvary, jejichž úkolem je analyzovat vzniklé informace a ve zhuštěné formě je předat řídicím pracovníkům. Informace určené pro řízení jsou z velké části zautomatizovány a uloženy na paměťových discích. Uživatel má bezprostřední možnost komunikovat s počítačem a zobrazit informace v požadované formě. Neobejde se bez prohlížení někdy dosti rozsáhlých seznamů, v nichž jsou potřebné kódy, které musí na displeji zadat. Problém nastává v situaci, kdy si člověk pamatuje všechna slova, avšak ne kódy. Proto se fuzzy teorie promítá i do tolerance chyb při prohledávání seznamu slov (Novák, 1990).

Situační analýza v provozu elektrizační soustavy

Elektrizační soustava je systém výroby a rozvodu elektrické energie. Jedná se rozlehlý kybernetický systém se zpětnovazebním řízením, jehož cílem je zajistit zásobování spotřebitelů elektrickou energií v potřebném čase, množství a místě při požadované kvalitě a spolehlivosti její dodávky s respektováním požadavků hospodárnosti provozních nákladů na straně výroby, rozvodu a spotřeby. Řízení elektrizační soustavy však probíhá v podmínkách neurčitosti, která je způsobena meteorologickými vlivy, neurčitými vstupy ze strany odběratele, neurčitosti pozorování, cíle, a také proto, že v řídicí smyčce je neexaktně rozhodující člověk. Proto se nabízí teorie fuzzy množin (Novák, 1990).

Databázové systémy

Coddův relační model je významným modelem databázových systémů. Využívá pojmu relace jakožto podmnožiny kartézského součinu nějakých množin. Chceme-li, aby relační databáze odrážela skutečnost, musíme připustit, že prvky mohou být vyjádřeny vágně. Tuto vágnost lze v relačních databázích vyjádřit tím, že vágní prvek chápeme jako fuzzy množiny, tj. v tabulkové reprezentaci přibývá další sloupec pro stupeň příslušnosti (Novák, 1990).

V další části práce uvádíme uplatnění databázových systému v některých vědních oborech a ve sportu.

Psychologie

Podle Nováka (1990) jsou psychologie a sociologie silně ovlivněny matematikou, především matematickou statistikou. Použití teorie fuzzy množin by mohlo značně přispět k další matematizaci těchto věd a tím zvýšením jejich exaktnosti, neboť jejich systematika a vysvětlení se děje v přirozeném jazyce. Využití fuzzy množin jako metodologického prostředku zkoumání v psychologii poprvé navrhl Kulka. Ukazuje možnosti použití technik modelování sémantiky přirozeného jazyka v klasifikaci a dále použití fuzzy algoritmů při formulaci některých úloh.

Ekonomie

Začátkem 21. století přišla druhá vlna aplikací, která zasáhla hlavně tzv. „měkké obory“ lidských činností, jako je ekonomie a bankovníctví nebo personální logistika (Talášová; Zio, Baraldi & Popescu, in Hubáček, Zháněl & Polách, 2015).

Fuzzy metodologie má schopnost snížit rozdíly v různých matematických modelech, což je výhoda pro jakékoliv rozhodovací procesy a ekonomické aplikace. Fuzzy teorie slibuje v ekonomických modelech vyřešit dříve neřešitelné problémy. Ve stále náročnějším světě roste množství rozhodovacích problémů a názorů, z nichž je málo řešitelných pomocí klasické matematických modelů. Fuzzy teorie tedy zvládne mnohem složitější, komplikovanější a vzájemně závislé ekonomické problémy prostřednictvím přibližného usuzování (Shin & Wang, 2010).

2.1.4.1 Aplikace ve sportu

Od konce osmdesátých let minulého století se v odborné literatuře – zejména západoevropské - objevuje řada studií, článků i monografií, zabývajících se možnostmi využití fuzzy logiky v oblasti sportovních věd (Zháněl, Lehnert & Černošek, 2006). Příklady konkrétních fuzzy modelů můžeme nalézt například pro interakci útoku a obrany v házené (Liesegang, 1996), pro analýzu diagnostických dat u rychlobruslařů

(Zinner et al., 1994) a ve sportovních hrách (Perl, 2000), při zkoumání taktických dovedností v baseballu, fotbalu, americkém fotbalu a tenisu (Moussa, Douik & Messaoud, 2014), při analýze sportovních pohybů v rockenrollové akrobacii a v gymnastice (Schiebel, 2000), v lyžování (Göhner, 1999), pro diagnostiku výkonu hráčů golfu (Couceiro et al., 2014), diagnostiku výkonnostních předpokladů v tenise (Zháněl, et al., 1999a; Zháněl, et al., 2001), resp. v talentových přijímacích zkouškách (Zháněl, et al., 1999b). Další uplatnění můžeme nalézt v řízení a modelování sportovních akcí v tenisu na příkladu výzkumu s tenisovým simulátorem, který sestával z útočných (podání, podání – volej) a obranných (return, pokročilý return) fází (Ivancević, Jovanović & Marković, 2010) nebo při posuzování vektoru motivace ve stolním tenisu (Acharjee & Chaudhuri, 2012).

Perspektivy uplatnění fuzzy logiky lze tedy vidět v různých oblastech sportu:

- při analýze diagnostických dat,
- při analýze sportovních pohybů,
- při diagnostice výkonnostních předpokladů,
- v talentových přijímacích zkouškách,
- při výběru talentů,
- v motorickém učení (Talášová, 2003).

Nyní shrneme několik výzkumů zabývajících se fuzzy technikou v již perspektivách uplatnění v různých oblastech sportu.

Výzkumy založené na analýze diagnostických dat

Jedním z nástrojů analýzy dat je tzv. „Formální analýza pojmů“ (Formal Concept Analysis – FCA), jejímž hlavním cílem je extrahovat všechny relevantní pojmy ze vstupních dat (tzv. formální pojetí) spolu s určitou hierarchií pojmů a plně informativní soubor konkrétních atributů závislostí, tzv. atribut důsledků (Bělohlávek & Klir, 2011). FCA a její fuzzy aplikaci je možné využít jako prostředek pro analýzu a vyhodnocování dotazníkových dat. Sigmund, Sigmundová a Zacpal (2009) a Sigmund et al. (2008) porovnali odlišnosti a spojitosti mezi skupinami žen s nízkou a vysokou pohybovou aktivitou. Dotazníkové odpovědi se nevyskytovaly v bivalentní formě (ano/ne), a proto se použilo vhodné škálování pro převedení vícehodnotových odpovědí do bivalentní formy. Autoři navíc vycházeli z myšlenky, že nejdůležitější odpovědi lze nalézt u skupin respondentů, kteří mají do jisté

míry stejné vlastnosti (tzv. charakteristické atributy). Agregované objekty potom tvoří skupiny s několika „charakteristickými atributy“. Formální fuzzy konceptuální analýzu proto využili k vyjádření zastoupení objektů v agregovaných objektech.

Fuzzy logika byla zahrnuta i v oblasti plavání. Použil se přístup strojového učení kombinující fuzzy modelování s algoritmem pro model sportovního tréninku. Sportovní trénink byl modelován na úrovni mikrocyklu, a to dvanácti tréninkových jednotek. Data byla shromážděna ve dvou měsících roku 2008, plavci měli minimálně 7 let tréninku a dosahovali úrovně II. třídy v klasifikaci plavání od roku 2005 do roku 2008. Cílem provedených experimentů bylo najít pravidla odpovědi na otázku – jak se ovlivňují pocity plavce během tréninkové jednotky, přičemž je ve vodě další den? Fuzzy pravidla byla vyvozena pro dvě různé stupnice třídy. Účinnost učeného souboru pravidel dosáhla 68,66%. Přesnost výsledku srovnání první metody je podstatně nižší než přesnost fuzzy pravidel získaných způsobem uvedeným v této studii (párovým t-testem, $p < 0,05$). Takové informace dávají příležitost ke zvýšení kvality hlavních provedených tréninkových jednotek v mikrocyklu. V důsledku toho dochází i ke zvýšení kvality mikrocyklu samotného. Výsledek související práce říká, že obrovský vliv na konečné výsledky sportovců má teplota, krevní tlak a stresové hormony (například: kortizol), přičemž je pravděpodobné, že i úroveň vnitřní motivace má významný dopad na výsledky sportovce (Mezyk & Unold, 2011).

V oblasti fitness služeb provedli „fuzzy“ výzkum prostřednictvím standardizovaných dotazníků Martinet, Ko a Martínez (2010). Měřili vnímanou kvalitu v rámci sportu pomocí nového přístupu v oblasti řízení sportu: fuzzy logiky. Analytické postupy aplikované na empirickém výzkumu jsou přínosem nejen pro výzkumné pracovníky v oblasti sportu, ale i pro sportovní manažery. Studie ukázala, že fuzzy logika je atraktivní způsob, jak zvýšit hodnotu informací získaných z hodnocení zákazníků. Zavedený postup překonává nevýhody výzkumu se zaměřením na třetí osoby přístupu a minimalizuje zkreslení kategorizace a interakce.

Olaru a Smith (2002) tvrdí, že každodenně dochází k rozhodování týkajícího se plánování aktivit. Proto se ve svém výzkumu snaží najít stabilní harmonogram s malými odchylkami v sestavování rozvrhu pro denní aktivity. Ten potvrzuje individuální snahu získat výhody a minimalizovat nespokojenost, což je uděláno ve velmi složitém komplexu omezení, které řídí rozhodnutí a volby. Přínosem fuzzy přístupu je, že model zpracovává jednotlivé chování a vzory a poskytuje individuální řešení. Umožňuje zobecnění z rozhodnutí a pravidla používaná v domácnostech.

Výzkumy založené na analýze sportovních pohybů

Diagnostika poruch ve sportovních technikách vede k použití fuzzy expertních systémů díky automatickým systémům, které dovolí sledování přesnějších údajů lidského pohybu. Dynamicky řízené sítě mají široké uplatnění při studiu pohybových vzorů. Vícevrstvé umělé neuronové sítě zastávají důležitou úlohu v technické analýze, jejich využití je podporované v dalších oblastech biomechaniky, včetně blízké příbuzných oblastí analýzy chůze. Další aplikace se představí v budoucím vývoji optimalizace sportovních dovedností a techniky učení. V neposlední řadě bude propojení s teorií dynamických systémů ještě více zřejmé, vedoucí například k lepší pochopení koordinace pohybu a role pohybu variability (Bartlett, 2006).

Aplikace Fuzzy logiky v oblasti chůze vychází z kinematických a dynamických dat. Velké množství údajů potřebných pro analýzu kvality chůze vyžaduje využití informačních technologií pro ukládání, správu a extrahování požadované informace. Proto byla vyvinuta softwarová aplikace pro sběr a zpracování dat, správu databází a grafické zpracování, uživatelsky přívětivé jako nástroj pro zjednodušení úkolů lékařů. Pracovalo se se čtyřmi na sílu citlivými rezistory a dvěma tlakovými senzory, dále se zjišťovala flexe a extenze v kolenním kloubu. Výzkum zaměřující se na detekci chůze ukázal, že jednotlivé fáze chůze se navzájem významně neliší a tvoří celistvý komplex, který respektuje prahové hodnoty. Tento experiment je prezentován pro normální a patologické vzory pro chůzi, charakterizuje abnormality a poskytuje důležitou zpětnou vazbu (Senanayake & Senanayake, 2010).

Biswasa, Lemaireb a Kofman (2008) se pustili do dalšího výzkumu v biomechanice, neboť dynamika během pohybu nebo dynamická stabilita je rozhodující pro zajištění bezpečné lokomoce a vysoké kvality života. Výzkumu se zúčastnilo 15 zdravých jedinců provádějící úkony, jejichž cílem bylo vyvolat zvýšení úrovně nestability. Index kombinace všech šesti parametrů, jako předozadní a mediální - laterální střed síly pohybu, maximální laterální pozice, buňka spouštění, trvání kroku a dvojitá doba podpory, by měly být dále zkoumány s počtem obyvatel se zdravotním postižením nebo patologickou chůzí.

Fuzzy teorie při diagnostice výkonnostních předpokladů

Znalosti o struktuře sportovního výkonu v jednotlivých sportech se neustále rozšiřují a tím poskytují komplexnější a diferenciovanější informace o úrovni výkonnostních

předpokladů. Celkový přehled a uplatnění získaných závěrů v tréninkovém procesu je často obtížné. Klasické matematicko-statistické metody byly nejčastěji využívány k vyhodnocení získaných dat, a pokud není možno charakteristiky srovnávat a popř. transformovat na stejné sílové hodnoty, nastávají problémy s jejich vyhodnocením. Uplatnění fuzzy teorie ve sportu nabízí principiálně nové přístupy a možnosti. Vysoká úroveň mnohostrannosti poskytuje nejlepší předpoklady pro efektivní vývoj výkonnosti v dlouhodobé tréninkové přípravě na rozdíl od techniky být nejlepší – nejrychlejší či nejsilnější. Další problémy spočívají v nedostatečném rozsahu zkoumaných souborů sportovců (počet vrcholových sprinterů resp. tenistů je logicky velmi malý), což znesnadňuje ověření statistických předpokladů (normalita rozložení četností, homogenita, linearita, stochastická nezávislost, reliabilita, validita atd.), stejně jako vypracování norem (Moravec, Kampmiller, Vanderka & Laczo, 2007; Joch, 1992; Zinner et al., in Zháněl, Lehnert, & Černošek, 2006).

Výzkumy spojené s talentovými zkouškami

Talentové zkoušky jsou vhodným příkladem pro ukázkou uplatnění fuzzy – diagnostických systémů. Kvantifikací prováděnou dle centrálně připravených bodových tabulek, konstruovaných na principu standardních skóre, se zabývají dosavadní práce zaměřené na problematiku hodnocení motorické výkonnosti v talentových zkouškách (např.: Měkota 1996, 1997; Měkota et al. 1997a, 1997b, 1998; Zháněl, 1995, 1996). Užití fuzzy množin nám umožňuje hodnotit stav úrovně motorické výkonnosti nejen v hraničních bodových hodnotách tabulky, ale i mezi těmito hodnotami. Touto metodou dochází k určitému zpřesnění v pořadí přijímaných studentů. Kadlčíková (1999) kritizuje kvantifikaci prováděnou pomocí desetibodových tabulek na Fakultě tělesné kultury UP v Olomouci, neboť žena, která uběhla 1500 metrů za 6:55 a získala za tento výsledek 2 body, bude hodnocena stejně jako žena, která uběhla 1500 metrů za 6:41, a to proto, že 3 body by získala až za výkon o 1 sekundu lepší, tj. za výsledek 6:40. Fuzzy množiny umožňují ohodnotit i výkony mezi těmito dvěma body, takže první uvedená žena, která je blíže dolní bodové hodnotě, bude hodnocena hůře než druhá jmenovaná. Uplatněním metody fuzzy množin dochází k určitému zpřesnění v pořadí přijímaných uchazečů. Pilotní studii zaměřenou na talentové zkoušky Univerzity Palackého provedli také Zháněl et al. (1999a) u jedenácti kandidátek ženského pohlaví. Princip fuzzy množin byl ilustrován na čtyřech disciplínách, a to 100 m sprint, 1500 m běh, hod granátem a 100 m plavání. Pro užití fuzzy množin

na zhodnocení úrovně motorické výkonnosti byly použity procedury jako určení váhy každého testu, výběr a konstrukce typu funkce příslušnosti a její předpis pro každou disciplínu, zhodnocení jednotlivých kandidátek známkou funkce příslušnosti a agregace zhodnocení. Tato aplikace odstranila problémy, které stoupají při užití pravděpodobnostní metody, neboť jak bylo řečeno výše, hodnocení stavu úrovně motorické výkonnosti proběhlo nejen v hraničních bodových hodnotách tabulky, ale i mezi těmito hodnotami.

Výzkumy založené na výběru talentů

Papić, Rogulj a Pleština (2008, 2011) představili nový expertní systém pro výběr a identifikaci sportovního směru pro dítě. Jedná o první webový expertní systém tohoto typu. Odborné znalosti uložené v databázi jsou výsledkem rozsáhlého terénního výzkumu s počtem 97 specialistů. Výsledky hodnocení systému ukázaly vysokou spolehlivost a vysokou korelaci se špičkovými mistry v oboru. Provádění fuzzy logiky zavedlo novou kvalitu do systému, pokud jde o odolnost a pružnost. Jako důsledek použití tohoto systému by se měly výrazně snížit možnosti špatného výběru a ztráta tak několika let v tréninku nevhodného sportu. Další výhody jsou řádné užívání antropometrického potenciálu sportovce, menší frustrace kvůli špatnému výkonu, dosažení nejlepších výsledků ve sportu a zvýšení efektivity výdajů financí. V současné době systém ukládá data o 14 vybraných sportech. Očekává se celkový nárůst počtu sportovních odvětví, ale nejen to. Některé sporty jako basketbal a atletika by měly být rozděleny do nových subjektů podle pozice hráče (basketbal), popřípadě specializace (atletika). Podle názoru autorů je hlavním cílem tohoto výzkumu dosáhnout toho, aby se stal povinným pro všechny školy v Chorvatsku.

Rogulj, Papić a Čavala (2009) předkládají, hodnotí a srovnávají dva metodické přístupy k rozpoznání morfologické kompatibility sportovce pro různé sporty. První přístup je založen na fuzzy logice a znaleckém posudku o slučitelnosti navržených hypotetických morfologických modelů ve čtrnácti různých sportech, které jsou součástí expertního systému. Druhý přístup je založen na stanovení rozdílů mezi morfologickými charakteristikami testovaných špičkových sportovců a morfologickými charakteristikami pro daný sport. Autoři určili vysokou účinnost prognostického uznání jednotlivců sportu. Bylo navrženo několik zlepšení v dalším vývoji obou metod. Výsledky výzkumu tak daleko naznačují, že tyto nebo podobné přístupy mohou být úspěšně použity pro detekci morfologické kompatibility jedince pro různé sporty.

Další zkoumání výběru talentu proběhlo v olympijské disciplíně triatlonu. V současnosti většina triatlonových federací hodnotí pouze juvenilní výkon vyjádřený v časovkách testu na plavání a běh. Cílem této studie bylo najít nejvhodnější proměnné pro výběru talentu v olympijském triatlonu. Fuzzy teorie se ukázala jako nejspolehlivější metodou, protože umožňuje integraci všech proměnných a vyvozuje míru talentu jako výstup, jež postupuje podle konceptuálních modelů a následuje zkušenými operátory. Bere v úvahu duševní schopnosti, rychlost vývoje schopností, využití endogenních a exogenních zdrojů, zatížení a toleranci vůči stresu. Kromě toho je výběr talentu považován za dynamický proces, kde životní prostředí vývoje je klíčovým prvkem pro vyhodnocení (Bottoni, Gianfelici, Tamburri & Faina, 2011).

2.1.5 Softwarové a fuzzy teorie

Jedním z neznámějších softwarových systémů založených na fuzzy logice je FuzzyTECH. Přestože byla jeho hlavní oblast využití u fuzzy regulace, jedná se o nejčastěji užívaný software pro vyhodnocení vícekritériálního rozhodování (Holeček & Talašová, 2010). Jeden z výzkumů v softwaru FuzzyTECH provedli Dal-Ri, Alonso a Duarte (2005), kteří zkoumali vztah mezi cenou a samotným produktem. Pro ilustraci fuzzy logiky využili příklad ceny různého materiálu v různých kombinacích u jednotlivých částí tenisové rakety (guma s kůží pro rukojeť, hliník, grafit či titan pro tělo a polyester či polyuretan pro hlavu tenisové rakety).

V roce 2000 česká softwarová společnost TESCO SW Inc., vyvinula softwarový výrobek NEFRIT. Systém NEFRIT lze podle Talašové (2000) využít pro úlohy vícekritériálního hodnocení nejrůznějšího druhu. Historicky první aplikací NEFRITu byla aplikace zpracovaná pro oblast bankovníctví, určená k hodnocení investičních záměrů žadatelů o úvěr. Využitelnost NEFRITU pokračovala v oblastech jako pojišťovnictví (klasifikace zájemců o pojištění z hlediska jejich rizikovosti), školství (komplexní hodnocení kvality základních škol, průběžné hodnocení studentů, přijímací řízení na VŠ), dopravě (podpora rozhodování dispečerů), zdravotnictví (hodnocení celkového stavu pacienta, kdy se vedle relativně přesně stanovených výsledků laboratorních testů využívají i lékařem slovně definované kvalitativní charakteristiky pacientů, psychologii a sociologii. Fuzzy teorie má své uplatnění i v tenise, a to právě přes již zmiňovaný softwarový systém NEFRIT. Nabízí efektivní možnost analýzy, zpracování a vyhodnocení dat. V oblasti tělesné výchovy a sportu

je určený pro podporu rozhodování při výběru mladých talentů do tenisových oddílů a současně i pro průběžná hodnocení hráčů těchto oddílů.

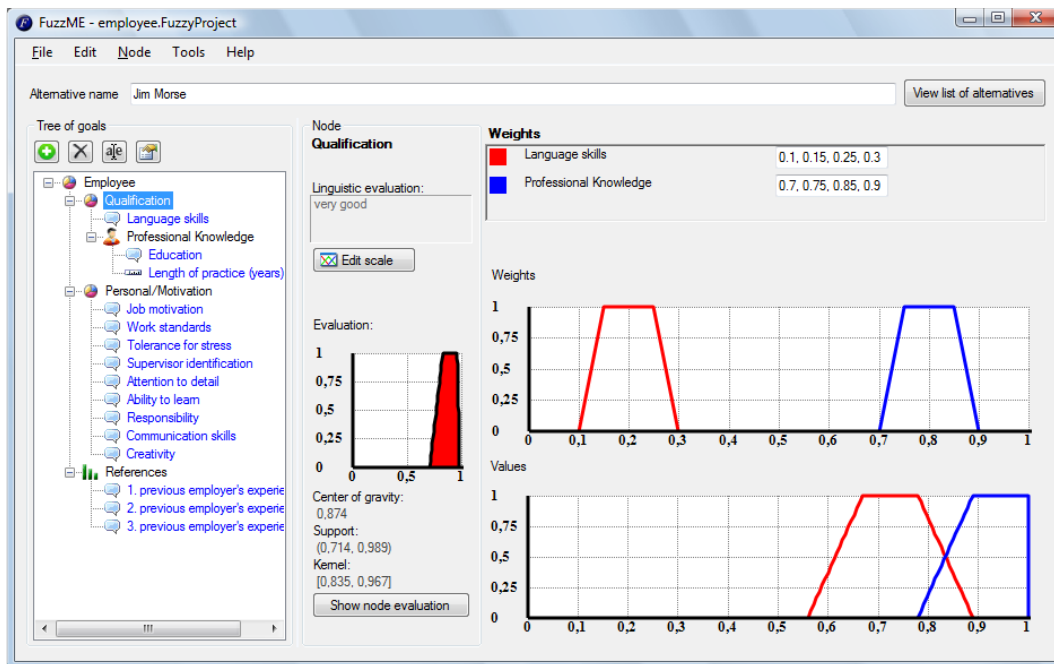


Obrázek 3. Základní okno aplikace TENIS (Talašová, 2000).

Ještě sofistikovanější software na rozhodování a hodnocení variant představili Holeček a Talašová (2010) jako software FuzzME (Fuzzy models of Multiple-criteria Evaluation).

2.1.5.1 FuzzMe

Software FuzzME (Fuzzy models of Multiple-criteria Evaluation), je založen na teoretickém konceptu hodnocení, který je velmi blízko k původní Zadehově myšlence, který pracoval se stupni příslušnosti (Holeček & Talašová, 2010).



Obrázek 4. Hlavní okno softwaru FuzzME (Holeček & Talašová, 2010).

Stejně jako u NEFRITu představuje hodnocení variant podle určitých kritérií jejich stupně splnění odpovídajících dílčích cílů. Fuzzy hodnocení se vyjadřuje nejen reálnými čísly v intervalu $\langle 0; 1 \rangle$, ale i fuzzy čísla na stejném intervalu. Pro agregaci dílčích hodnocení metodou váženého průměru mohou být použity i fuzzy váhy. Výsledky fuzzy hodnocení, které se získají prostřednictvím agregace, mají podobně jasnou interpretaci užívanou u systému NEFRIT (Talašová, 2003). Kromě agregace váženým průměrem s fuzzy váhami je možné dělat agregaci pomocí speciálních agregačních operátorů – OWA (uspořádaný vážený průměr), fuzzifikovaná WOVA, fuzzy Choquetův integrál a dále pomocí fuzzy expertního systému. Funkce vícekritériálního hodnocení mohou být v softwaru FuzzMe definovány pomocí fuzzy bází pravidel. K dispozici jsou tři algoritmy, a to standardní Mamdani algoritmus a dva modifikované Sugenyovy algoritmy. Mezi výhody tohoto softwaru patří jeho univerzálnost, která spočívá v kombinovatelnosti všech typů agregací ve stejném stromě dílčích cílů, dále kompatibilita s dalšími software (např. MS EXCEL), což zjednodušuje import naměřených dat a export výsledků, a možnost nabídky jazyka českého (Holeček & Talašová, 2010; Holeček, Talašová & Müller, 2012; Talašová & Holeček, 2009).

2.2 Sportovní výkon

Sportovní výkon je jednou z hlavních kategorií (základních pojmů) sportu a sportovního tréninku. K němu se soustřeďuje pozornost sportovců, trenérů a dalších odborníků. Pro trénink, v němž se výkon především buduje, má jeho hlubší poznání zásadní význam (Dovalil et al., 2012). Měkota a Cuberek (2007, 105) vymezuje výkon (angl. performance, něm. Leistung, rus. rezultat) jako výsledek určité činnosti v daném čase a podmínkách.

Z obecného úkolu vědy o tréninku lze vypracovat vědecký základ sportovního tréninku. Jeden z jeho ústředních úkolů představuje vytváření modelů ke struktuře sportovního výkonu. Strukturální modely sportovního výkonu mají na jedné straně identifikovat podstatné komponenty soutěžního výkonu a na druhé straně integrovat výkonnostní předpoklady, které hrají nějakou roli při realizaci soutěžního výkonu. Současný „moderní“ systém sportovního tréninku na vrcholové úrovni by se jen těžko obešel bez využití vědeckých metod. Pro trenéry a sportovce jsou důležité informace z oblastí sportovní medicíny, biomechaniky, tenisové technologie, psychologie, koučingu a trenérských teorií, které jsou poskytovány díky sportovním vědám. Lze je tedy uplatnit v tréninkovém procesu ke zlepšení sportovního výkonu a jsou nedílnou součástí trenérského vzdělávání (Hohmann, Lames & Letzelter, 2010; Lehnert, 2007; Unierzyski & Crespo, 2007). Účinného tréninku lze dosáhnout splněním dvou obecných předpokladů: jednak dostatečnou znalostí požadavků, které daný sport na jedince klade, a jednak hlubokými znalostmi činnosti lidského organismu a jeho chování v neoddělitelné jednotě (Dovalil & Chaloupecká, 2008; Perič & Dovalil, 2010).

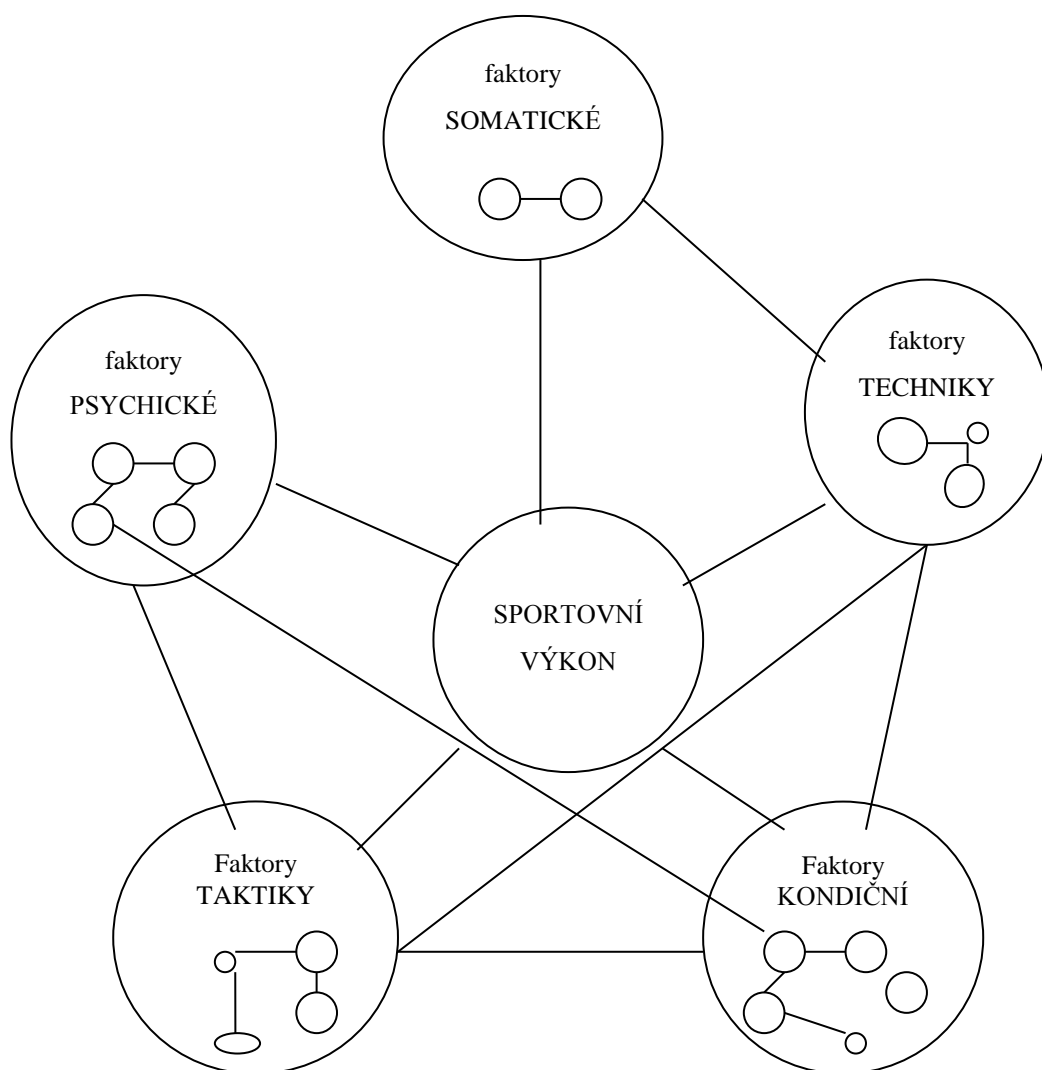
Sportovní výkony se realizují ve specifických pohybových činnostech, jejichž obsahem je řešení úkolů, které jsou vymezeny pravidly příslušného sportu a v nichž sportovec usiluje o maximální uplatnění výkonových předpokladů. Tyto činnosti, ovlivňované vnějšími podmínkami, představují určité požadavky na organismus a osobnost člověka. Vysoký výkon charakterizuje dokonalá koordinace provedení, jeho základem je komplexní integrovaný projev mnoha tělesných a psychických funkcí člověka, podpořený maximální výkonovou motivací (Dovalil et al., 2012).

2.2.1 Faktory sportovního výkonu

Sportovní výkon lze považovat za komplexní, celistvou činnost, která je determinována a ovlivňována různými faktory a komponentami (faktory), mezi nimiž existují mnohočetné

a proměnlivé vztahy, ke kterým je nutno přihlížet. Za základní faktory sportovního výkonu ve sportovních hrách považujeme faktory techniky, psychiky, taktiky, motorické faktory, somatické faktory a další vnější a vnitřní okolnosti, které vstupují do interakce. Pouze jejich funkční komplex (nikoliv jen součet faktorů), optimální propojení a vazby přináší maximální možné výsledky (Dovalil et al., 2012; Hohmann, Lames & Letzelter, 2010; Zháněl, Černošek, Lehnert, & Cuberek, in Dovalil & Chaloupecká, 2008).

Strukturu sportovního výkonu lze podle autora znázornit takto (viz Obrázek 1):



Obrázek 5. Struktura sportovního výkonu (Dovalil et al., 2012, 16).

Jednotlivé faktory sportovního výkonu jsou závislé zejména na věku, pohlaví, vnějším prostředí, soupeři apod. Chce-li sportovec dosáhnout vysoké sportovní výkonnosti, nesmí být

žádný z faktorů na podprůměrné úrovni. Proto by měl být sportovní trénink orientován komplexně a nezanedbatelný význam by měl být kladen na rozvoj nedostatečně rozvinutých složek výkonu (Ferrauti, Maier & Weber, 2014).

Somatické faktory

Somatické faktory jako relativně stálé a ve značné míře geneticky podmíněné činitele hrají v řadě sportů významnou roli. Týkají se podpůrného systému, tj. kostry, svalstva, vazů a šlach, a z velké části vytváří biomechanické podmínky konkrétních sportovních činností. Podílejí se i na využití energetického potenciálu pro výkon. Diferencují výchozí předpoklady pro různé typy sportovních výkonů. K hlavním somatickým faktorům patří výška a hmotnost těla, délkové rozměry a poměry, složení těla a tělesný typ. V oblasti vrcholového sportu je známo, že představitelé jednotlivých sportovních disciplín a odvětví mají podobnou tělesnou stavbu. V řadě sportů jsou tak somatické parametry jedním z kritérií výběru sportovců, neboť patří mezi faktory výkon ovlivňující nebo dokonce determinující (volejbal, basketbal, gymnastika, dostihové sporty, atd.) (Dovalil et al., 2012; Kovacs, 2006; Ulbricht, Fernandez-Fernandez & Ferrauti, 2013).

Kondiční faktory

Kondiční schopnosti jsou pohybové schopnosti, jež jsou výrazně podmíněné především funkčními a energetickými možnostmi organismu sportovce (srdečně-cévní, dýchací, nervově-svalový systém apod.) Tyto procesy jsou primárně determinovány i morfologickou stavbou sportovce a jeho funkcemi. V komplexech silových, rychlostních, vytrvalostních a koordinačních schopností můžeme dále pozorovat vnitřní strukturalizaci a odlišit jednotlivé dílčí schopnosti, které jsou již dosti přesně definovány a nepřímě měřitelné. Všeobecně je akceptováno rozdělení schopností na kondiční a koordinační, nověji se uvažuje o třídě schopností hybridních. V řadě sportů se objevují nároky na dokonalé sladění složitějších pohybů, na rytmus, rovnováhu, na odhad vzdálenosti, orientaci v prostoru, pružné změny a přizpůsobení se, na přesnost provedení atd. V těchto případech hraje energetický základ pohybové činnosti roli druhotnou, primární je funkce centrálního nervového systému a nižších řídicích center (Moravec et al., 2007; Dovalil et al., 2012).

Faktory techniky

Sportovní technika je souhrnné označení pro řadu technických dovedností sportovce nebo nějakého sportu. Technická dovednost je vyzkoušený, účelný a efektivní sled pohybů k vyřešení nějakého definovaného úkolu ve sportovních situacích. Jedná se o učení získanou pohotovost (předpoklad) řešit správně, rychle a úsporně určitý úkol, čili efektivně vykonávat určitou činnost. Technická úroveň výkonu sportovce je popsána pomocí dispozice umožňující provedení technických dovedností ve vysoké kvalitě. V této podobě jsou sportovní dovednosti předem připraveným základem pro specifické jednání v soutěžích (Dovalil et al., 2012; Hohmann, Lames & Letzelter, 2010).

Faktory taktiky

Taktika je ve sportu definovaná velmi široce. Pod taktikou rozumíme souhrn zkušeností a poznatků o možných způsobech vedení boje jednotlivců, skupiny anebo družstva s cílem dosáhnout určité výhody, optimálního výsledku anebo vítězství ve sportovní soutěži. Jádro taktických dovedností tvoří procesy myšlení. K okruhu nezbytných poznatků patří znalost pravidel daného sportu, poznatky o předmětu soutěžení (míči, kotouči) a náčiní (raketě, oštěpu, pálce, saních apod.), základní principy a postupy taktického boje v daném sportu, reálné hodnocení vlastních předpokladů a možností, v úpolových sportech a ve sportovních hrách i poznatky o přednostech a slabinách soupeřů a řada dalších (Dovalil et al., 2012).

Faktory psychické

Sportovce je třeba vést k tomu, aby byli schopni zvládat stres a náročnost podmínek soutěžního sportu. Cílem tohoto procesu je postupně zvyšovat odolnost a schopnost adaptace na neočekávané zatížení v hlavní soutěži. Tyto stresové situace je třeba přizpůsobovat individuální záležitosti sportovce a systematicky je stupňovat až na požadovanou úroveň. Faktory psychické jsou totiž často zvýrazňovány jako ty rozhodující mezi úspěchem a neúspěchem. Dlouhodobě úspěšný sportovec může být jen ten, který je stále psychicky nastaven a orientován na výkon – sportovec tak může využít technických a taktických dovedností a kondičních předpokladů i v kritických situacích. (Moravec et al., 2007; Ferrauti, Maier & Weber, 2014).

2.2.2 Faktory sportovního výkonu v tenisu

Dle Schönborna (2008) není jednou z nejdůležitějších vlastností šampiona ani tak jednorázový špičkový výkon, jako stálost jeho vysokého výkonu po celou dobu. Filipčič et al. (2010) označuje tenis jako velmi dynamickou hru, ve které hraje důležitou roli hbitost, spojení schopnosti akcelerace, neuromuskulární síly nohou a úrovně kvality pohybových vzorů.

Tenista by měl vykazovat odpovídající úroveň technických, somatických, kondičních a psychických předpokladů, v neposlední řadě také schopnosti percepce, odhadu vzdálenosti, anticipace a schopnosti načasovat pohyb, tzv. timingu (Fernandez-Fernandez, Villanueva & Pluim, 2006; Ferrauti, Maier & Weber, 2014; Ulbricht, Fernandez-Fernandez & Ferrauti, 2013). V této části se budeme stručně zabývat pouze těmi faktory sportovního výkonu v tenisu, které budou následně řešeny ve výzkumné části.

Somatické faktory v tenisu

Z hlediska somatotypu je pro tenistu optimální štíhlá a pružná postava (Melišová, in Zháněl, 2005). Více než 90% lokomoční činnosti tenisty tvoří krátké starty, změny směru, brzdění a opětovné starty, jež rychleji a obratněji zvládají hráči s nižší tělesnou výškou (Vaverka & Černošek, 2007). Tenisová hra zvyhodňuje vyšší hráče a hráčky s větším rozsahem paží zejména při herních situacích, jako jsou podání, směr či hra na síti a díky delším krokům se snadněji dostávají k míči. Vyšší tenisté však mají obvykle nižší pohyblivost (Melišová, Schönborn, in Zháněl, 2005). Prognózu tělesné výšky lze provést pomocí metod predikce tělesné výšky (Riegrová, Přidalová & Ulbrichová, 2006). Z přehledu publikovaných údajů o procentuálním zastoupení tuku u tenistů a tenistek lze odvodit, že jeho hodnoty se pohybují u tenistů v rozmezí 10-15%, u tenistek pak mezi 17-22%. Poněkud nižší údaje jsou uváděny ve firemních materiálech firmy Tanita, a to 6-13% u tenistů a 12-19% u tenistek (in Zháněl, 2005). Další hodnoty tělesného tuku jsou uváděny u žen mezi 15 – 20% a u mužů menší než 10% (Kovacs, 2007; Grasgeuber & Cacek, 2008). Stejní autoři uvádějí, že z hlediska typologie svalových vláken nejsou vyhraněna ani červená, ani bílá vlákna.

Kondiční faktory v tenisu

Kondiční připravenost je pro tenis velmi důležitá, protože čím má hráč lepší kondici, tím vyšší je jeho výkonnost. Vysoká úroveň kondice napomáhá oddalovat nástup únavy a tím umožňuje podávat kvalitní výkony několik dní za sebou. Přispívá k rychlé regeneraci sil po tréninku a po utkání a vede ke snižování počtu a závažnosti zranění. Rovněž podporuje sebedůvěru a psychickou odolnost hráče a zlepšuje celkový zdravotní stav. Je třeba připomenout, že pouhé hraní tenisových utkání nedostane hráče do vrcholné formy. Z tohoto důvodu má program rozvoje kondice, sestavený podle specifických nároků tenisu, nezastupitelnou úlohu a je základní součástí přípravy u všech pokročilých tenisových hráčů a může být rozhodujícím faktorem vedoucím k vítězství, či naopak k porážce. Ke kondičním schopnostem řadíme schopnosti silové a vytrvalostní, částečně i rychlostní (Crespo & Miley, 2003; Ferrauti, Maier & Weber, 2014; Hohmann, Lames & Letzelter 2010; Ulbricht, Fernandez-Fernandez & Ferrauti, 2015).

Silové schopnosti

Oblast síly není v tenise rozhodně absolutním faktorem limitujícím výkon, je však jako podpůrný faktor v jistých výkon limitujících oblastech a především spojení s jinými faktory má naprosto rozhodující význam. V tenise jsou potřebné hlavně rychlé a výbušné pohyby, přičemž se přikládá důležitost různým kombinacím síly s rychlostí. Na sílu je v tenise potřeba nahlížet v celé komplexnosti tohoto sportu a rozvoj síly je třeba podřídít tenisově specifickým požadavkům. Mezi tenisově specifickými aspekty je třeba jmenovat reaktivní sílu, startovní sílu, výbušnou sílu, sprinterskou sílu a rychlou sílu. Rovněž neuromuskulární síla nohou, rukou a ramena jsou schopnosti neméně důležité u výkonu tenisty (Schönborn, 2008; Filipčič et al., 2005; Filipčič et al., 2010)

Rychlostní schopnosti v tenisu

V tenise jsou zapotřebí komplexní rychlostní schopnosti, která se skládá z následujících složek - *reakční rychlostní schopnosti* (tj. vnímání a anticipace), *startovní rychlosti* (tj. nutná reakční a výbušná síla), *schopnosti zrychlení* (sprinterská síla a frekvenční rychlost) a *akční rychlosti* (koordinační rychlost). Moderní tenis vyznačuje enormní rychlostí míčů. Podání

přes 200 km/h jsou normální, dokonce byla docílena i v ženském tenise. Údery ze zadních čar, především vítězné údery, dosahují rychlosti větší než 120 km/h. Aby mohly být soupeřem takto zahrané míče dosaženy, je zapotřebí vedle schopnosti vnímání a (předjímání) anticipace vynikajících schopností reakční, startovní a výbušné síly (Grosser & Schönborn, 2008; Schönborn, 2008).

Vytrvalostní schopnosti v tenisu

Vytrvalost není v tenise podobně jako síla sice faktorem absolutně limitujícím výkon, ale bez ní by nebyl možný ani úspěšný klubový, ani špičkový tenis. Hraje velmi důležitou roli i ve vrcholovém tenise, neboť *aerobní vytrvalost* je základem každé déletrvající sportovní činnosti, a je předpokladem k tomu, aby se dal vydržet dlouhotrvající trénink (4-6 hodin) bez podstatného úbytku výkonnosti a tím i kvality, je předpokladem k tomu, aby bylo možno sehrát dlouhý 3 až 5setový zápas s plným nasazením a bez znatelného úbytku výkonu, je zárukou schopnosti rychlé regenerace. Výzkumy ukázaly, že aerobní systém je využíván asi 10 % herního času. Ukazatelem aerobní vytrvalosti je hodnota maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}). Kvůli relativně dlouhým přestávkám také maximální hodnota VO_{2max} u vrcholových tenistů zřídka přesahuje hodnotu 50 ml/kg/min. *Anaerobní vytrvalost* zaručuje plnou schopnost nasazení během delších, velmi rychlých míčů anebo několika rychlých výměn míčů za sebou. Výzkumy ukázaly, že anaerobní alaktátový systém využívají hráči asi 70 % herního času, anaerobní laktátový systém je využíván asi 20 % herního času (Crespo & Miley, 2003; Kovacs, 2006; Schönborn, 2008; Ferrauti, Maier, & Weber, 2014). Crespo a Miley (2003) spolu s Weberem (2003) dodávají, že při krátkých výměnách (5-10 sekund) se projevují jen malé příznaky únavy a dochází k rychlé regeneraci kreatinofosfátového systému (CP) během přestávek ve hře (mezi fiftýny, gamy, sety). Při delších výměnách (10 sekund až 2 minuty) se projevují větší známky únavy, dochází k tvorbě kyseliny mléčné, energetické krytí je uskutečňováno pomocí anaerobní glykolýzy. V průběhu celého utkání (1,5 až 5 i více hodin) dochází ke kumulování zátěže, aerobní energetický systém využívá k obnově anaerobních energetických zdrojů kyslík.

Pohyblivost v tenisu

V zásadě je optimální pohyblivost předpokladem každého špičkového výkonu v tenise. Bez pružnosti svalstva by nemohly dosáhnout tréninkové podněty v dalších oblastech (síla, rychlost, koordinace) dostačujícího přizpůsobení. Kromě toho se při omezené pohyblivosti zvyšuje sklon ke zraněním, motorické výukové procesy se ztěžují a jsou podporovány svalové dysbalance (Grosser & Schönborn, 2008).

2.3 Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu a v tenisu

Analogickou funkci pro diagnostiku v oborech jako lékařství, psychologie, technika aj. plní diagnostika i ve sportu. Slouží k získávání informací o pohybovém chování a jednání osob. Hovoříme o diagnostice motorické, pohybové či sportovní (Schnabel, Harre & Borde, 1994). Jak uvádí Wohlmann (1996), diagnostika slouží jako nástroj pro zjištění aktuální výkonnosti prostřednictvím evidence, vyhodnocení a posouzení parametrů determinujících výkon; plní klíčovou funkci při analýze a objasnění sportovní výkonnosti a při vyvozování intervenčních opatření k optimalizaci sportovního výkonu a jeho předpokladů. Dle Zháněla (2005) je žádoucí ověřit věrohodnost diagnózy její opakovanou kontrolou, zvláště pak pokud je diagnóza podkladem při závažných rozhodnutích (např. výběr či naopak vyřazení sportovce, zásadní změna tréninkových prostředků atd.). Myšlenkovou linii fází diagnostického procesu lze tedy schematicky znázornit takto:

diagnóza ⇒ prognóza ⇒ kontrola diagnózy.

Pravidelné sledování úrovně výkonnostních předpokladů sportovců je, resp. by mělo být, nedílnou součástí tréninkového procesu. Bez průběžné diagnostiky, vyhodnocení a interpretace výsledků a bez následného uplatnění v procesu sportovního tréninku si lze jen těžko představit jeho optimální a efektivní plánování, řízení a regulaci. Vzhledem ke komplexnímu multifaktorovému charakteru sportovního výkonu je úroveň výkonnostních předpokladů zjišťována pomocí diagnostických (kontrolních) metod různých vědních oborů, jež jsou nedílnou součástí diagnostického procesu. Z hlediska diagnostiky sportovního výkonu, resp. sportovní výkonnosti je důležité se zabývat zejména takovými činiteli (též komponentami, faktory, složkami, předpoklady), které sportovní výkon významně determinují, resp. ovlivňují. Z důvodu obecně známých problémů možné vývojové akcelerace či retardace mladých sportovců a individuálních zvláštností jejich ontogenetického vývoje je

důležité sledovat nejen *aktuální úroveň* jednotlivých výkonnostních charakteristik, což umožňuje přímé využití v regulaci a řízení tréninkového procesu, ale rovněž sledování jejich změn v kontextu *dlouhodobého vývoje*, což lze využít zejména v plánování tréninkového procesu (Zháněl, 2005; Fernandez-Fernandez et al., 2014).

V oblasti tenisového tréninku se po mnoho let užívá termín „diagnostika a korekce“, který navozuje představu, že se trenér zaobírá čímsi negativním (např. slabinou). V současnosti převládá názor, že by trenér měl přistupovat k této oblasti pozitivnějším způsobem a uvažovat spíše v pojmech hodnocení místo diagnostiky a rozvoje/zdokonalování namísto korekce (tj. hledat rovněž způsob, jak rozvíjet silné stránky). Tento typ přístupu může mít značný vliv na hráčovo sebevědomí, které je nezbytné pro jeho hráčský postoj. Diagnostický proces se rovněž velmi liší podle toho, zda se jedná o závodní hráče, nebo o začátečníky. U začátečníků by se trenér měl zaměřit na zlepšování techniky (provedení), zatímco u závodních hráčů by cílem měl být sportovní výkon (výsledek). Při práci se závodními hráči bude muset trenér muset s každým hráčem pracovat více individuálně než při práci se začátečníky. Závodní hráči musí při utkáních čelit mnohým složitým situacím. Je proto velkou chybou, pokud se trenér při tréninku zaměřuje na samotné údery, aniž by je posuzoval ve vztahu ke skutečným situacím v utkáních. Při korigování techniky u závodních hráčů by trenér měl brát do úvahy termínovou listinu hráče a přizpůsobit jí proces případné korekce, tzn. žádné velké korekce před turnajem nebo během něj (Crespo & Miley, 2003).

Dle Zháněla (2005) je diagnostika výkonnostních předpokladů v tenise mimo jiné prováděna na základě testů a testových baterií. Při konstrukci testové baterie pro tenis je třeba vycházet z analýzy struktury a požadavků tenisové hry, tedy ze specifických požadavků. V odborné literatuře lze nalézt celou řadu testových baterií pro diagnostiku výkonnostních předpokladů v tenise postihujících více či méně tenisově specifické předpoklady. Například Fernandez-Fernandez et al. (2014) zkoumají, popisují a vyhodnocují různé motorické testy doporučené a používané sportovními vědci a institucemi (Německý tenisový svaz). Publikovaná testová baterie je zaměřena na způsobilost výkonnostních předpokladů tenisových hráčů juniorské nebo elitní úrovně jak v laboratoři, tak v terénu. Zatímco laboratorní testy mohou být a jsou používány k vyhodnocení základních charakteristik výkonu sportovců ve většině individuálních sportů, terénní testy se lépe hodí k požadavkům komplexních sportů intermitentního charakteru, jako je tenis. Ferrauti, Maier a Weber (2014) popisují testovou baterii používanou Německým tenisovým svazem. Testování s použitím jednotných testovacích zařízení a měřících postupů provádí dvakrát ročně Centrum

pro diagnostiku a intervenci (ZeDI) Ruhrské univerzity Bochum (RUB). V příslušných obdobích objíždí testovací tým všechny zemské svazy, kde se obvykle testuje jedno odpoledne. Jednotné provádění a stálá kontrola kvality testování umožňuje lepší srovnatelnost a normovatelnost výsledků. Další možnosti hodnocení pomocí testových baterií v tenise uvádí například Reid et al. (2003), Ulbricht et al. (2015) a Ulbricht et al. (2016).

Testovou baterii pro diagnostiku somatických, kondičních a koordinačních výkonnostních předpokladů hráčů a hráček tenisu zařazených do středisek Českého tenisového svazu vyvinuli ve spolupráci s tenisovými trenéry klubu Zháněl, Balaš, Trčka a Shejbal (2000). Testová baterie byla nazvána TENDIAG1, zkratka je odvozena ze slov TENisová DIAGnostika. Jednotlivé položky TENDIAG1 jsou znázorněny v kapitole v Tabulce 3 (viz kapitola 4 METODIKA). Testová baterie TENDIAG1 je využívána pro diagnostiku výkonnostních předpokladů členů reprezentačních výběrů do 14 let, Středisek vrcholového tenisu, Národních tenisových center i jednotlivých tenisových klubů. Je realizována 2x ročně v jarním (březen/duben) a podzimním (říjen/listopad) období, většina testování probíhá opakovaně ve stejných podmínkách a v přibližně stejném časovém období. Testování je z důvodů standardizace podmínek prováděno na tenisových kurtech ve sportovních halách a tělocvičnám (tedy nikoliv na antukových venkovních kurtech) se standardním halovým tenisovým povrchem (Zháněl, 2005).

2.4 Měření a testování

Teorie měření

Nedílnou součástí diagnostiky výkonnostních předpokladů ve sportu je způsob získávání dat charakterizujících úroveň sledovaných znaků, tedy teorie měření a testování.

Zatímco klasická koncepce měření rozpracovaná Campbellem vychází z dichotomického rozlišení na *fundamentální* a *odvozené*, bývá zmiňován ještě třetí druh: *měření asociativní* (Berka, 1977; Roth, 1995; Blahuš, 1996; Hájek 2012).

Jednotlivé druhy měření lze charakterizovat takto:

- *Fundamentální měření* je charakterizováno jako bezprostřední měření extenzivních veličin, které nezahrnuje žádná předcházející měření,
- *odvozené měření* předpokládá jiná, dříve provedená měření a zároveň na předcházejících měření závisí,

- *asociativní měření* je takové měření, kdy je přímo měřená veličina asociována s nepřímo měřitelnou veličinou, např. při měření teploty vycházíme ze závislosti změny objemu kapaliny na teplotě (Zháněl, 2005).

Z hlediska *měřících procedur* je podle Berky (in Zháněl, 2005) možno měření dále diferencovat na *přímé měření* (které je založeno na bezprostředním srovnávání měřeného objektu se standardním měřidlem nebo se stupnicí měřícího přístroje) a *nepřímé měření* (které zahrnuje přímé měření něčeho jiného a následně prováděné výpočty).

Hájek (2012) tvrdí, že proces měření obsahuje vždy tři složky, a to objekt měření, výsledek měření a techniku (způsob, metodu) měření. Měřící technika vyjadřuje prostředky sloužící k měření. Zároveň se v teorii měření rozlišují čtyři základní stupnice s určitým uspořádáním numerických hodnot, které lze teoreticky přiřazovat k měřeným veličinám. Jedná se o typy konceptuálních stupnic (Měkota, 1990):

- stupnice nominální je založena na pojmenování (např. pojmenování číslicí jako hráči na soupisce) či třídění (např. plavec – neplavec),
- stupnice ordinální umožňuje částečnou kvantifikace, objekty jsou seřazeny do pořadí (např. bodování v krasobruslení, ale i známkování ve škole),
- stupnice intervalová zahrnuje vlastní měření. Zůstává charakteristika pořadí a přistupuje nová charakteristika, tj. konstantní jednotka měření stanovená dohodou. Dohodou je určen i nulový bod (např. měření teploty, měření úhlů mezi segmenty těly),
- stupnice poměrová se od intervalové liší tím, že má absolutní (přirozený) nulový bod (např. zjišťování délky, hmotnosti, síly, ...).

Teorie testování

Kvalita vědecky fundované testovací (měřící) metody závisí na jejích vlastnostech neboli na kritériích kvality. „Dobrý“ test má splňovat tři hlavní kritéria kvality (objektivitu, reliabilitu a validitu) a čtyři vedlejší (test má být normován, srovnatelný, ekonomický a užitečný). Hlavní kritéria jsou považována za neopomenutelné požadavky zásadního významu pro kvalitu testů, zatímco vedlejší kritéria jsou chápána jako podmíněné požadavky (Bös; Lienert, in Zháněl 2005).

Reliabilita (spolehlivost) testu charakterizuje přesnost, s jakou test postihuje to, co má být měřeno. Výsledky testování by měly být co nejméně závislé na náhodných chybách

a spolehlivost udává, do jaké míry je tento požadavek splněn. Jako vnitřní vlastnost samotného testu se uplatňuje, ať se měří cokoliv (Reid et al., 2003; Hájek, 2012). Posouzení koeficientu reliability udává Tabulka 1.

Tabulka 1. Posouzení koeficientů reliability (Bös, 2001, 548, upraveno in Zháněl, 2005)

Koeficient reliability	Hodnocení
$\geq 0,90$	Výborná
0,80-0,89	Velmi dobrá
0,70-0,79	Přijatelná
0,60-0,69	Nepříliš dobrá
$\leq 0,60$	Nízká

Objektivita (souhlasnost) je míra shody testových výsledků, které jsou měřeny různými experty při jednom provedení testu. Jde tedy o nezávislost výsledků na všech zúčastněných osobách, které zajišťují provedení testu (časoměřič, rozhodčí, ...). Koeficient objektivity je korelací dvou měření vyžadující požadovanou míru nestrannosti (Hájek, 2012). Posouzení úrovně koeficientů objektivity podle Böse (2001) vyjadřuje tabulka 2.

Tabulka 2. Posouzení koeficientů objektivity (Bös, 2001, 546).

Koeficient objektivity	Hodnocení
0,95-0,99	Velmi vysoká
0,90-0,94	Vysoká
0,80-0,89	Přijatelná pro individuální měření
0,70-0,79	Přijatelná pro skupinová měření
0,60-0,69	Užitečná pro skupinové průměry a školní hodnocení

Validita (platnost) není vnitřní vlastnost testu. Vyjadřuje jeho vztah k něčemu mimo něj, obvykle vztah ke kritériu, tj. k proměnné veličině, která je měřena. Validní test je platný pro daný účel, tzn., postihuje právě tu vlastnost, která má být hodnocena (Hájek, 2012).

Vedlejší kritéria kvality lze podle Lienerta (in Zháněl, 2005) charakterizovat následujícím způsobem. **Normování** umožňuje zařadit údaje o testu pro individuální testové výsledky v rámci vztahového systému. Test je **srovnatelný**, jestliže existuje jedna či více paralelních forem testu, a když jsou k dispozici obsahově validní testy. **Ekonomický** test vyžaduje krátký čas provedení, málo materiálu, jednoduchost a rychlé a snadné vyhodnocení. **Užitečnost** testu znamená, že test je užitečný, když měří znak osobnosti, pro jehož zkoumání existuje praktická potřeba.

Podle místa provádění se motorické testy rozdělují na laboratorní a terénní, podle stupně standardizace na standardizované či nestandardizované, podle počtu testovaných osob lze rozdělit testy individuální a skupinové a z hlediska užití samostatného testu, resp. více testů tvořících určitý celek lze rozlišit jednotlivé testy a testové systémy. Testové systémy tvoří tedy soubor nejméně dvou samostatně realizovatelných testů seskupených do určitého celku. Jsou to testové baterie a testový profil. Testový profil představuje volnější seskupení testů (subtestů), jejichž výsledky jsou prezentovány jako schéma. Testová baterie je systém charakteristický tím, že výsledky jednotlivých testů zařazených do baterie se vzájemně kombinují a ve svém souhrnu vytváří jedno skóre baterie. Rozlišujeme homogenní a heterogenní testové baterie. Homogenní baterie se konstruují za účelem zvýšení validity výpovědi o tom, co je výsledkem testování. Heterogenní baterie umožňují zvýšení validity výpovědi o tom, co je cílem testování (Hájek, 2012).

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 Výzkumný problém

Formulace a zdůvodnění výzkumného záměru

V souladu s předchozí syntézou poznatků a s ohledem na dosavadní výzkumy z oblasti diagnostiky somatických a motorických předpokladů v tenise resp. na výzkumy zabývajícími se možnostmi využití fuzzy teorie v oblasti diagnostiky lidského pohybu můžeme přistoupit k formulaci výzkumného záměru. Vycházíme z předpokladu, že somatické a motorické faktory sportovního výkonu mají významný podíl na výkonnosti v tenise a jejich úroveň lze hodnotit buďto obvyklým přístupem na základě teorie pravděpodobnosti, nebo pomocí matematického aparátu, který je vybudován na principech teorie fuzzy množin. Výzkumný záměr spočívá v prezentaci možností využití fuzzy přístupu při hodnocení úrovně výsledků tenistů v testové baterii TENDIAG1 a v komparaci hodnocení úrovně tenistů získané pomocí fuzzy přístupu a pravděpodobnostního přístupu.

Výzkumné otázky

Na základě stanovení výzkumného záměru jsme formulovali výzkumné otázky:

1. Jak lze hodnotit úroveň výkonnostních předpokladů souboru tenistek 11-12 let při využití diskrétního přístupu?
2. Jak lze využít fuzzy teorie k hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů souboru tenistek 11-12 let pomocí fuzzy přístupu?
3. Lze prokázat významné rozdíly mezi výsledky celkového hodnocení výkonnostních předpokladů v tenisu pomocí fuzzy přístupu a při využití diskrétního přístupu?

Hypotézy

H_A: Mezi výsledky celkového hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenisu pomocí fuzzy přístupu a při využití diskrétního přístupu existují statisticky významné rozdíly.

Komentář k H_A : Celkovým hodnocením rozumíme výsledné hodnocení z celé testové baterie (součet bodů ze všech hodnocených dílčích testů).

3.2 Výzkumné cíle

Cílem teoretické části diplomové práce je podat ucelený přehled poznatků týkajících se základů teorie fuzzy množin a jejich aplikací v oblasti diagnostiky výkonnostních předpokladů v tenise. Hlavním cílem předkládané práce je prezentace možností využití fuzzy přístupu při hodnocení úrovně výsledků tenistů v testové baterii TENDIAG1 a komparace hodnocení úrovně tenistů získané pomocí fuzzy přístupu a pravděpodobnostního přístupu. Využití teorie fuzzy množin při procesu hodnocení dílčích testů odstraňuje nevýhody „ostrých“ diskrétních statistických přístupů založených na teorii pravděpodobnosti a umožňuje zohlednit proměnlivost a variabilitu lidského pohybového chování.

Dílčí cíle výzkumu:

1. Výpočet základních statistických charakteristik výsledků jednotlivých testů testové baterie TENDIAG1 pro soubor tenistek (11-12 let).
2. Vytvoření fuzzy funkcí pro jednotlivé položky testové baterie TENDIAG1.
3. Konstrukce norem pro stanovení hraničních stupňů příslušnosti.
4. Vyhodnocení výsledků jednotlivých subtestů pomocí fuzzy hodnotících metod.
5. Ukázka komplexního vyhodnocení testové baterie užitím fuzzy hodnotících metod.
6. Posouzení významnosti rozdílů mezi výsledky celkového hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenisu při použití fuzzy přístupu a diskrétního přístupu.

4 METODIKA

4.1 Typ výzkumu

Realizovaný výzkum má charakter metodologické studie, jejímž cílem je zkoumání nových metod (přístupů) a jejich potenciální přednosti proti současným metodám (přístupům). Část práce má charakter komparace, a to identifikace podobností a rozdílností výsledků analýzy dat pomocí fuzzy a pravděpodobnostního přístupu. Lze rovněž hovořit o analytickém typu výzkumu, neboť jde o shromažďování určité množiny dat nebo s cílem rozpoznat a vysvětlit principy, které mohou řídit určitá jednání a akce (Haag, 2010; Hendl, 2008, 2009).

4.2 Výzkumný soubor

Výzkumný záměr byl realizován u souboru tenistek (mladších zákyň) ve věku 11,0 -12,9 let ($n=193$, výška $154,6 \pm 6,9$ s cm, hmotnost $43,5 \pm 7,2$ cm), které se zúčastnily v letech 2000 – 2015 pravidelného testování střediskových výběrů Českého tenisového svazu. Testování bylo realizováno pomocí testové baterie TENDIAG1 (Zháněl, Balaš, Trčka & Shejbal, 2000) zaměřené na diagnostiku výkonnostních předpokladů v tenisu. Tento výzkumný soubor lze označit jako záměrný výběr, sledované tenistky patřily mezi přední české hráčky, členky tréninkových středisek mládeže.

4.3 Měřicí procedury a metody sběru dat

Výzkumná data byla získána prostřednictvím testové baterie TENDIAG1 viz Tabulka 3 (Zháněl et al., 2000), která byla sestavena na základě rozsáhlé literární rešerše existujících testových baterií. Při konstrukci testové baterie byly respektovány názory tenisových expertů na význam jednotlivých motorických schopností pro tenis a požadavek tenisově-specifického zaměření dílčích testů.

Tabulka 3. Testová baterie TENDIAG1 (Zháněl et al., 2000).

I. OBLAST TĚLESNÝCH PŘEDPOKLADŮ	Jednotka
1. Tělesná výška (a měření hmotnosti pro výpočet BMI)	[m][kg]
2. Body Mass Index	[index]
3. Pohyblivost v ramenních kloubech	[index]
II. OBLAST KONDIČNÍCH SCHOPNOSTÍ	
4. Síla herní ruky (testována síla stisku pravé i levé ruky)	[kp]
5. Rychlost běžecká (rychlost se změnou směru)	[s]
6. Vytrvalost střednědobá (člunkový běh)	[s]
III. OBLAST KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ	
7. Rychlost reakce* (typu ruka-oko na vizuální podnět)	[s]
8. Rychlost reakce* (typu noha-oko na vizuální podnět)	[s]
9. Pohyblivost trupu	[počet]

** ... Poznámka: v kontextu teorie asociativního měření a teorie konstruktů motoriky je rychlost reakce (resp. reakční rychlost) chápána nikoliv jako fyzikální veličina, ale jako motorická schopnost vykonat pohybovou činnost co nejrychleji. Je tedy podobně jako např. běžecká rychlost (vyjádřená výsledkem v běhu na 100 m) uváděna v sekundách.*

Testová baterie TENDIAG1 zahrnuje jednak měření základních tělesných (somatických) charakteristik (3 položky), dále testování úrovně kondičních (3 položky) a koordinačních výkonnostních předpokladů (3 položky). Jsou využity jak tzv. terénní motorické testy, tak i testy označované jako laboratorní. Položky 1 – 3 (somatické charakteristiky) mají pouze informativní charakter, nejsou bodově hodnoceny a nejsou součástí celkového skóre testové baterie.

4.4 Metody analýzy dat

Výzkumná data mají jednak charakter fyzikálních veličin (kilopondy, sekundy), dále se jedná o data charakteru bezrozměrných veličin indexového typu, test flexibility trupu je hodnocen počtem správně provedených cyklů, jedná se tedy o diskrétní metrická data.

Všechna data lze tedy označit jako data metrická. Abychom mohli provést výpočet základních statistických charakteristik, byla normalita rozložení výzkumných dat ověřována pomocí testu Kolmogorov-Smirnov (K-S test). Pro zjišťování závislostí mezi proměnnými byl použit výpočet Pearsonova, resp. Spearmanova korelačního koeficientu, věcná významnost byla posouzena pomocí Cohenova d (<http://www.socscistatistics.com/effectsize/Default3.aspx>). Statistická významnost diferencí středních hodnot byla posouzena pomocí Studentova t-testu. Výzkumná data byla zpracována pomocí software MS EXCEL a STATISTIKA12. Pro konstrukci fuzzy hodnotících funkcí a stanovení hodnot hraničních bodů byl využit software FuzzME vyvinutý na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci.

5 VÝSLEDKY

Přehled základních statistických charakteristik souboru tenistek (n=193) ve věkové kategorii 11,0–12,9 let je prezentován v tabulkách 4 a 5.

Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky výzkumného souboru tenistek (n=193) ve věku 11-12 let a posouzení normality rozložení četností.

Položka	N	M	SD	Min	max	K-S test	Liliefors
Věk	193	12,0	0,5	11,0	12,9	p < 0,01	p < 0,01
Výška	193	154,6	6,9	135,5	172,0	p > 0,20	p < 0,10
Hmotnost	193	43,5	7,2	28,2	66,8	p > 0,20	p < 0,10
T1[kp]	193	23,1	4,6	12,4	43,3	p > 0,20	p < 0,05
T2[s]	193	15,2	0,8	13,5	17,7	p > 0,20	p < 0,05
T3[s]	184	157,1	8,7	137,5	188,9	p > 0,20	p > 0,20
T4[s]	192	0,55	0,06	0,42	0,68	p > 0,20	p < 0,05
T5[s]	192	0,42	0,05	0,32	0,68	p < 0,20	p < 0,01
T6[počet]	192	40,3	3,7	30,0	50,0	p < 0,15	p < 0,01

Vysvětlivky:

n ... rozsah souboru

M ... aritmetický průměr

SD ... směrodatná odchylka

min ... minimální hodnota

max ... maximální hodnota

K – S test ... Kolmogorov-Smirnov test

T1 ... síla herní ruky

T2 ... rychlost běžecká

T3 ... vytrvalost střednědobá

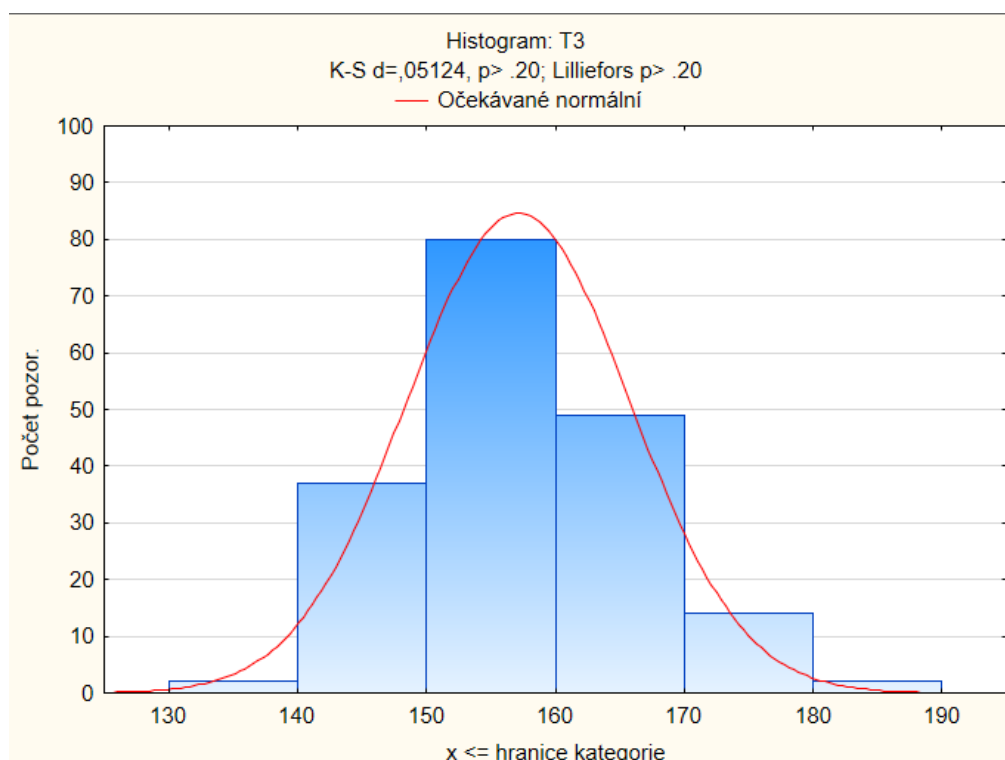
T4 ... rychlost reakce rukou

T5 ... rychlost reakce nohou

T6 ... pohyblivost trupu

Testování normality pomocí Kolmogorov-Smirnova testu prokázalo u všech testů normalitu rozložení výzkumných dat. Při použití Liliefors testu, jež je vhodný pro menší rozsahy souborů, bylo normální rozložení potvrzeno pouze u některých položek. V komponentě věk nebylo normální rozložení prokázáno ani jednou metodou.

Pro ukázkou přikládáme histogram četnosti proložený Gaussovou křivkou normálního rozložení například u testu T3 (viz obrázek 6).



Obrázek 6. Histogram četnosti proložený Gaussovou křivkou normálního rozložení u testu T3 v programu Statistica12.

Tabulka 5. Testové položky TENDIAG1 a normy pro věk 11 – 12 let (tenistky).

Kód	NÁZEV PROMĚNNÉ	ZAMĚŘENÍ	STŘEDNÍ ÚROVEŇ	JEDNOTKA
T1	Síla	Síla herní ruky	18,5–27,7	kp
T2	Rychlost běžecká	Rychlost běhu se změnami směru	14,4–16,0	s
T3	Vytrvalost střednědobá	Vytrvalost se změnami směru	148,4–165,8	s
T4	Rychlost reakce rukou	Rychlost reakce typu oko-ruka	0,49–0,61	s
T5	Rychlost reakce nohou	Rychlost reakce typu oko-noha	0,37–0,47	s
T6	Pohyblivost trupu	Koordinace a flexibilita trupu	36,6–44,0	počet/20 s

Vysvětlivky: viz Tabulka 4

5.1 Pravděpodobnostní přístup

U klasického bodového hodnocení získaného pomocí pravděpodobnostního přístupu může tenistka v jednotlivých testech dosáhnout tří bodových hodnot s využitím hodnotících kategorií *nízká (0 bodů)*, *střední (1 bod)* a *vysoká (2 body) úroveň*. V celkovém součtu výsledků v šesti hodnocených testech mohly tenistky dosáhnout bodového hodnocení na škále 0-12 bodů. K převodu hrubého skóre na bodové hodnocení výsledků testové baterie TENDIAG1 byl vytvořen s využitím programu Microsoft Excel jednoduchý software, nazvaný TENPROG (Zedník & Zháněl, in Zháněl, 2005), umožňující jak transformaci, tak i grafické znázornění v podobě individuálního tesového profilu.

Tabulka6. Příklad bodového hodnocení jednotlivých subtestů vybraných tenistek (11 – 12 let).

PROBAND	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Σ BODY
1	20,2	15,86	164,5	0,57	0,42	34	1	1	1	1	1	0	5
2	26,2	15,0	164,3	0,55	0,42	39	1	1	1	1	1	1	6
3	23,6	14,4	150,0	0,50	0,50	42	1	1	1	1	0	1	5
...
191	24,5	14,3	152,0	0,53	0,42	44	1	2	1	1	1	1	7
192	28,0	14,3	144,5	0,55	0,36	47	2	2	2	1	2	2	11
193	24,7	13,9	146,7	0,66	0,48	41	1	2	2	0	0	1	6

Vysvětlivky: viz Tabulka 4

5.2 Fuzzy přístup

Základním krokem u fuzzy přístupu bylo zvolení funkce příslušnosti (grafické znázornění fuzzy množin) pro jednotlivé subtesty testové baterie TENDIAG1. Podle Talašové (2000) jsme použili pouze funkce typu S a Z. Funkce typu S se používá pro testy, kde s rostoucí dosaženou hodnotou měřené veličiny roste i hodnota hrubého skóre. Pro testy, kde s dosaženou hodnotou měřené veličiny klesá hodnota hrubého skóre, je vhodná funkce typu Z. Obě funkce mají dva body zlomu (hranice výkonnostních úrovní), které rozdělí funkci příslušnosti na právě tři intervaly výkonnostních úrovní. V Tabulce 7 uvádíme celkový

přehled jednotlivých položek testové baterie TENDIAG1 a k nim přiřazené funkce příslušnosti.

Tabulka 7. TENDIAG1 a funkce příslušnosti

Položky	Funkce příslušnosti
T1. Síla	S
T2. Rychlost (běžecká)	Z
T3. Vytrvalost (střednědobá)	Z
T4. Rychlost reakce rukou	Z
T5. Rychlost reakce nohou	Z
T6. Pohyblivost trupu	S

Převod na stupeň příslušnosti vysvětluje ve své práci Hubáček (2016). Je získán po dosažení hraničních hodnot bodového hodnocení pro střední úroveň a_i , b či c_i , d_i do obecného předpisu. Pro konstrukci předpisu S funkce příslušnosti využijeme označení v_i pro hodnotu výsledku dané testované osoby v testu číslo i , a_i (odpovídá $M - SD$), pro hodnotu absolutně nevyhovujícího výsledku v testu číslo i , b_i (odpovídá $M + SD$), pro hodnotu absolutně vyhovujícího výsledku v testu číslo i . Každé hodnotě výsledku patřícího do otevřeného intervalu ($M - SD$, $M + SD$) je přiřazena hodnota mezi jedničkou a nulou. Obecný předpis pro S funkci příslušnosti (testy č. T1, T6; tzn. $i \in \{1, 6\}$) vypadá následovně:

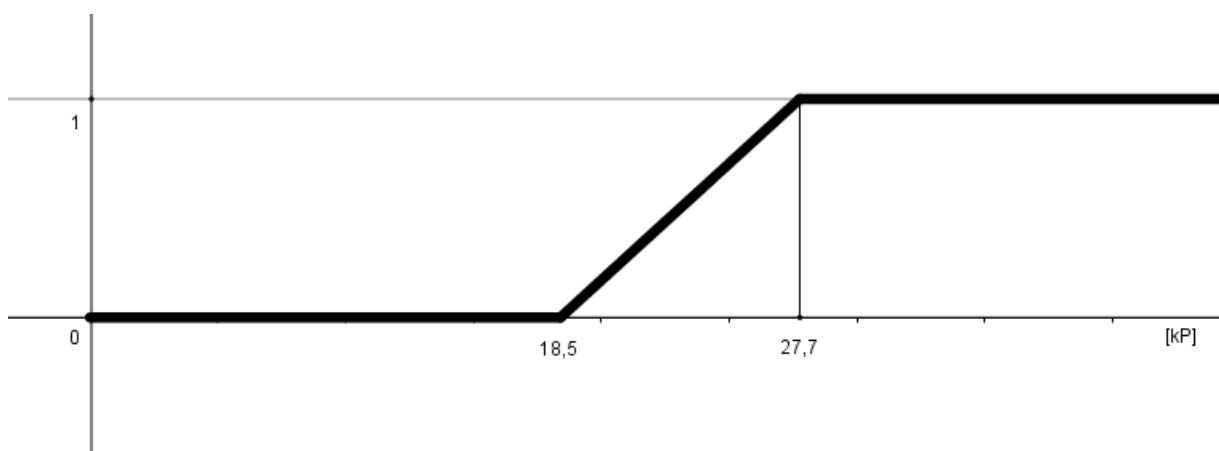
$$A(v_i, a_i, b_i) = \begin{cases} 0 & \text{pro } v_i \leq a_i \\ \frac{v_i - a_i}{b_i - a_i} & \text{pro } a_i < v_i < b_i \\ 1 & \text{pro } v_i \geq b_i \end{cases}$$

Pro konstrukci předpisu Z funkce příslušnosti využijeme označení v_i pro hodnotu výsledku testované osoby v testu číslo i , c_i (odpovídá $M - SD$), pro hodnotu absolutně vyhovujícího výsledku v testu číslo i , d_i (odpovídá $M + SD$), pro hodnotu absolutně nevyhovujícího výsledku v testu číslo i . Přitom každému výsledku v_i mezi hodnotami a_i , b_i je přiřazena hodnota mezi 0 a 1 podle funkce $A(v_i, a_i, b_i)$. Každé hodnotě výsledku patřícího do otevřeného intervalu ($M - SD$, $M + SD$) je opět přiřazena hodnota mezi jedničkou a nulou.

Obecný předpis pro Z funkci příslušnosti (testy č. T2, T3, T4, T5; tzn. $i \in \{2, 3, 4, 5\}$) pak vypadá takto:

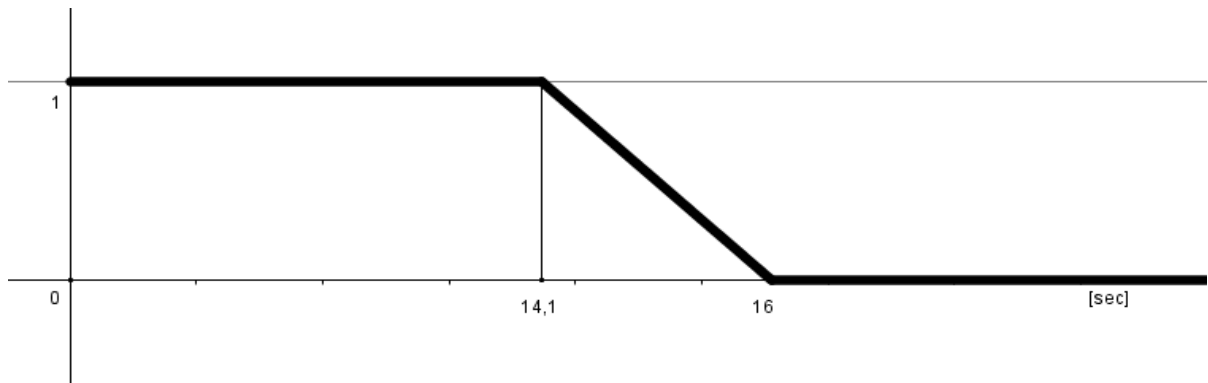
$$A(v_i, d_i, c_i) = \begin{cases} 1 & \text{pro } v_i \leq c_i \\ \frac{d_i - v_i}{d_i - c_i} & \text{pro } c_i < v_i < d_i \\ 0 & \text{pro } v_i \geq d_i \end{cases}$$

Nyní si ukážeme funkce příslušnosti pro všechny hodnocené testy testové baterie TENDIAG1 s hraničními body pro výkonnostní úrovně u věkové skupiny tenistek 11-12 let.

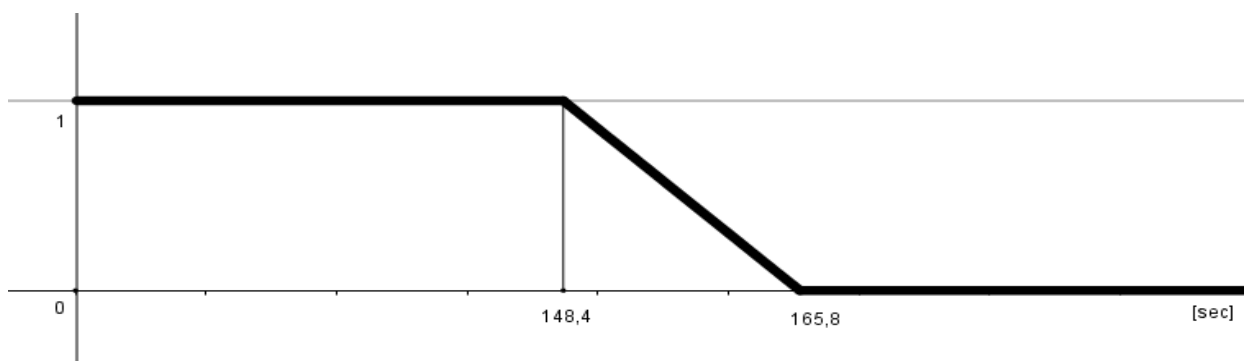


Obrázek 7. Funkce příslušnosti pro T1 (síla).

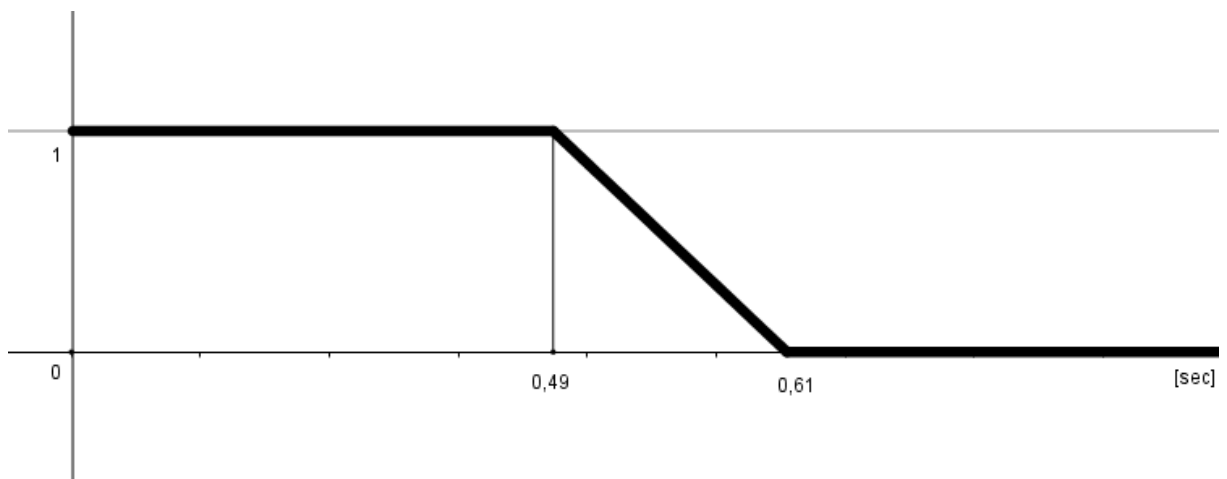
Na obrázku 7 si můžeme všimnout, že čím vyšší síla herní ruky, tím vyšší stupeň příslušnosti (typ funkce S). To platí na intervalu střední úrovně síly (18,5-27,7), kde je průběh funkce příslušnosti lineárně rostoucí se zvětšující se silou. Funkce je nad horní hranicí střední úrovně konstantní, tzn., že z hlediska sportovního výkonu v tenisu není důležitá maximální úroveň síly, ale její nadprůměrná úroveň je zcela dostatečná.



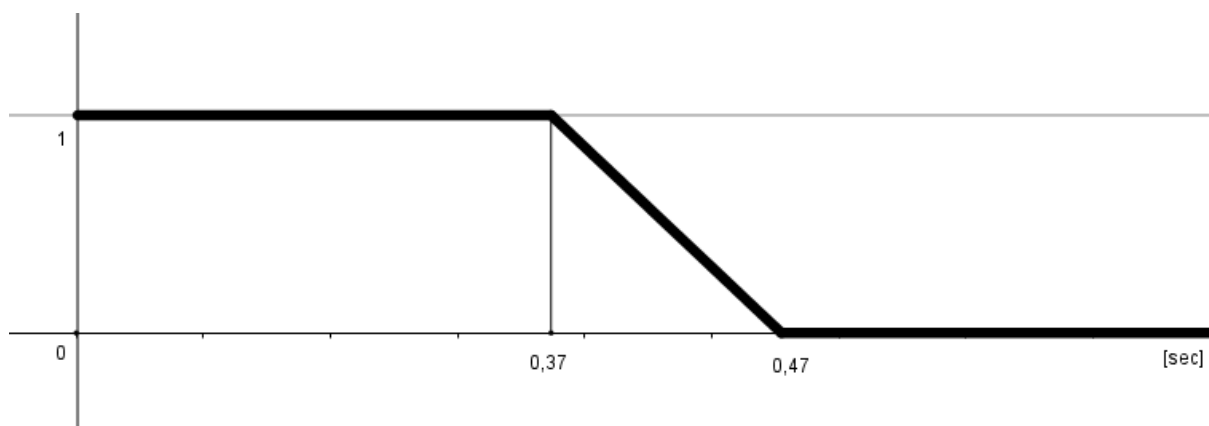
Obrázek 8. Funkce příslušnosti pro T2 (rychlost běžecá).



Obrázek 9. Funkce příslušnosti pro T3 (vytrvalost střednědobá).

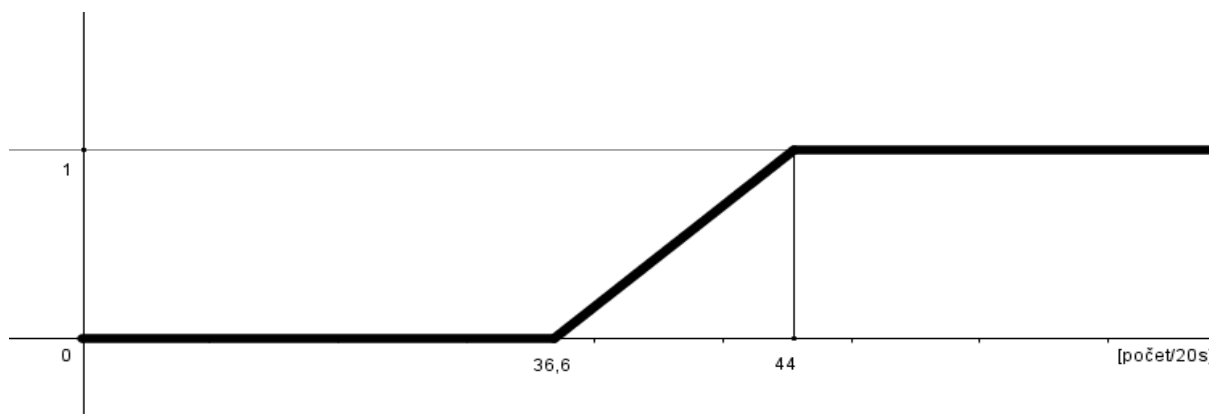


Obrázek 10. Funkce příslušnosti pro T4 (rychlost reakce rukou).



Obrázek 11. Funkce příslušnosti pro T5 (rychlost reakce nohou).

Úroveň běžecké rychlosti, střednědobé vytrvalosti, rychlosti reakce rukou a nohou (T2, T3, T4 a T5) jsou zjišťovány pomocí času provedení pohybové činnosti (asociační měření). Reakční čas u T4 a T5 byl měřen pomocí speciálního software a hardware firmy FiTRONiC (diagnostický a tréninkový systém). Ve všech případech se tedy jedná o funkci typu Z, jak můžeme vidět na obrázcích 8, 9, 10 a 11. V daných intervalech střední úrovně je průběh funkce příslušnosti lineárně klesající se zvyšujícím se časem (tzn. s kratším časem je lepší výsledek rychlosti/vytrvalosti). Funkce jsou nad horní hranicí resp. pod spodní hranicí konstantní.



Obrázek 12. Funkce příslušnosti pro T6 (pohyblivost trupu).

Hodnotící funkce pro T6 (pohyblivost trupu) je podobná funkci pro hodnocení síly herní ruky (T1). Udává závislost mezi počtem doteků hráče do terčů během 20 vteřin; čím vícekrát se hráč dotkne, tím lepší hodnocení má. Na intervalu střední úrovně pohyblivosti (36,6-44) je průběh funkce příslušnosti lineárně rostoucí se zvětšující se pohyblivostí. Funkce je nad horní hranicí střední úrovně konstantní.

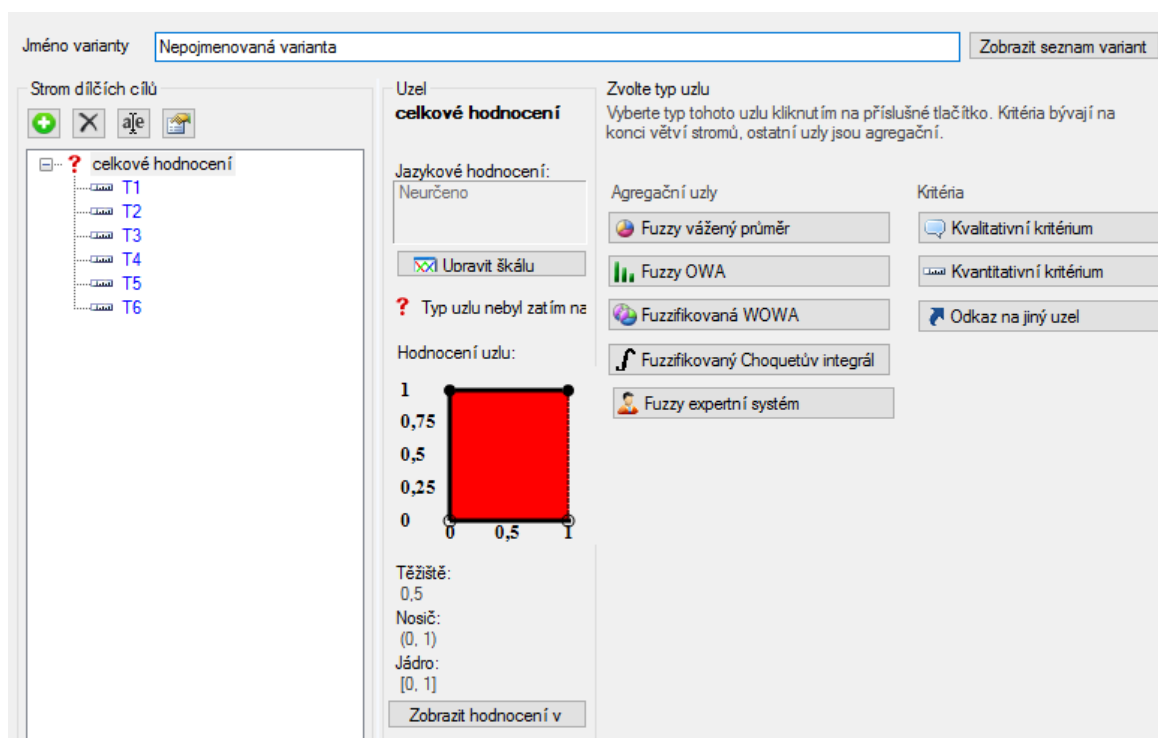
Tabulka 8. FuzzMe hodnocení jednotlivých subtestů vybraných tenistek (11 – 12 let).

PROBAND	T1	T2	T3	T14	T5	T6	Celkové hodnocení
1	0,19	0,06	0,08	0,33	0,5	0	0,19
2	0,84	0,63	0,09	0,5	0,5	0,32	0,48
3	0,55	1	0,91	0,92	0	0,73	0,69
...							
191	0,65	1	0,79	0,67	0,5	1	0,77
192	1	1	1	0,5	1	1	0,92
193	0,67	1	1	0	0	0,60	0,55

Vysvětlivky: viz Tabulka 4

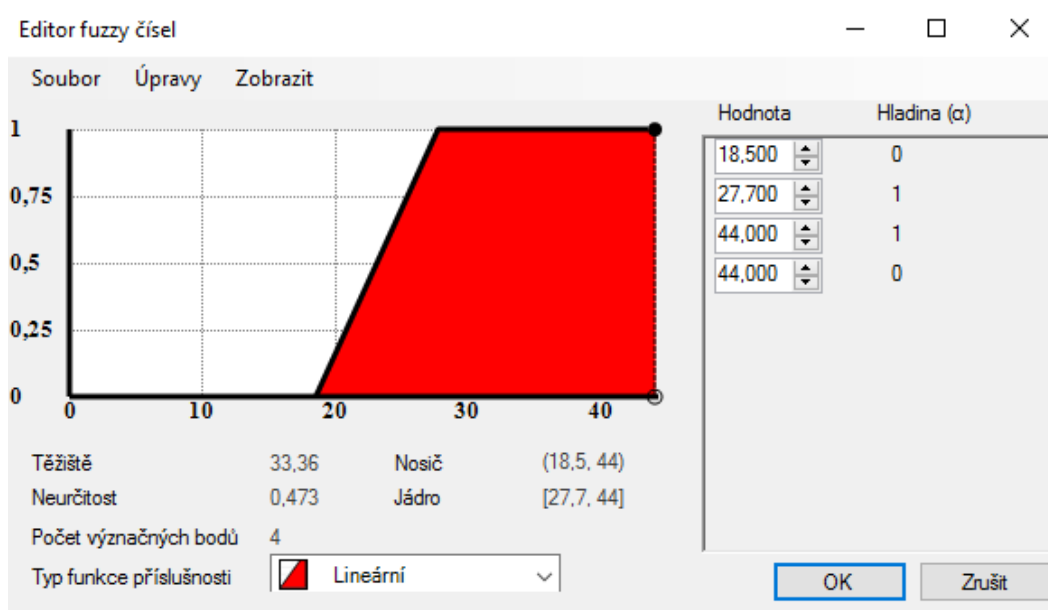
Výpočet stupně příslušnosti pomocí software FuzzME

Na úvod bylo nutné sestavit strom dílčích cílů, tzn. zaznamenat jednotlivé položky testové baterie TENDIAG, dále stanovit jejich kritéria, zda jsou kvalitativního či kvantitativního rázu, a určit váhu jednotlivých testů – v tomto případě se jednalo o normované váhy stanovené aritmetickým průměrem (viz obrázek 13).



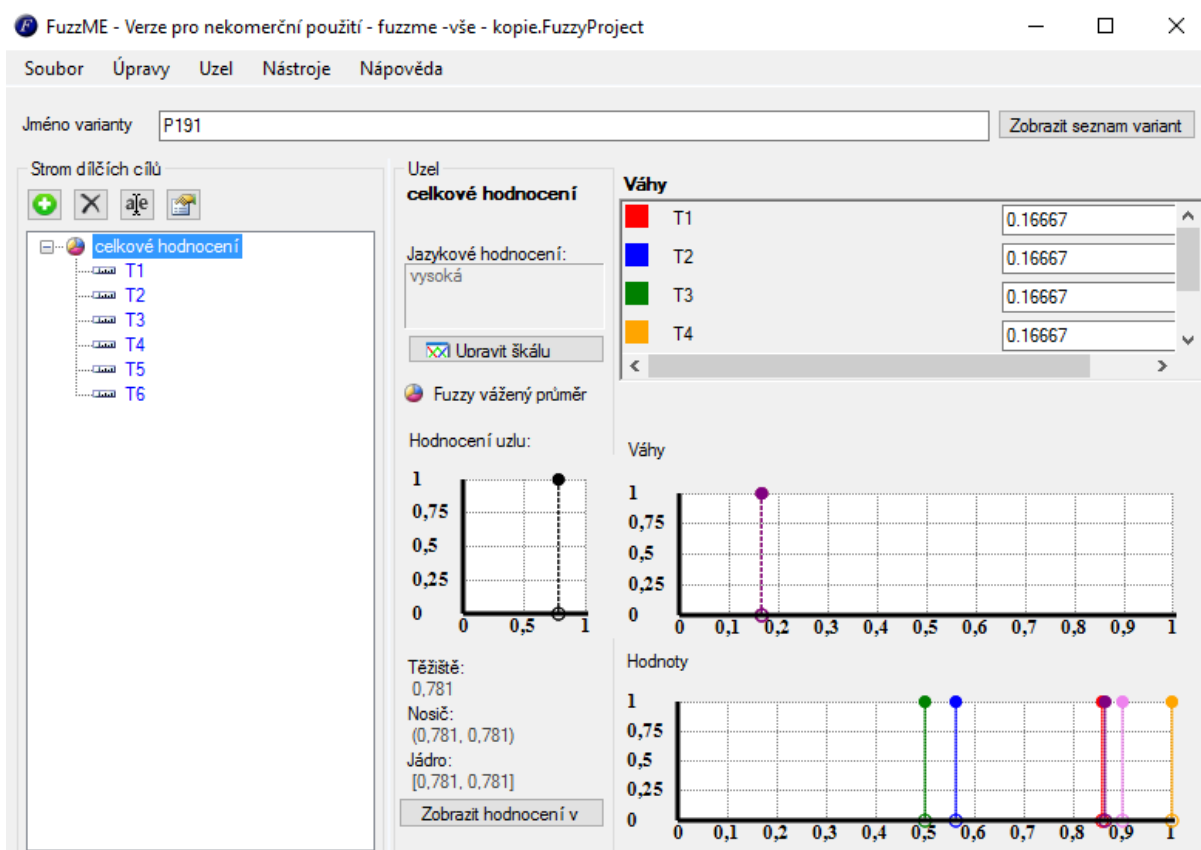
Obrázek 13. Strom dílčích cílů v softwaru FuzzME.

U každé položky jsme určili typ hodnotící funkce příslušnosti, obor hodnot kritérií, začátek intervalu přijatelných hodnot a nejmenší zcela vyhovující hodnotu. U námi zkonstruovaných hodnotících funkcí příslušnosti bylo třeba určit interval, do kterého bezpečně spadnou všechny naměřené výsledky z položek testové baterie – tzn. maximální hodnota z měření či hodnota, které by probandi nikdy nemohli dosáhnout. Jako příklad uvádíme hodnotící funkci příslušnosti pro sílu (viz Obrázek 14).



Obrázek 14. Hodnotící funkce příslušnosti testu T1 v programu FuzzME.

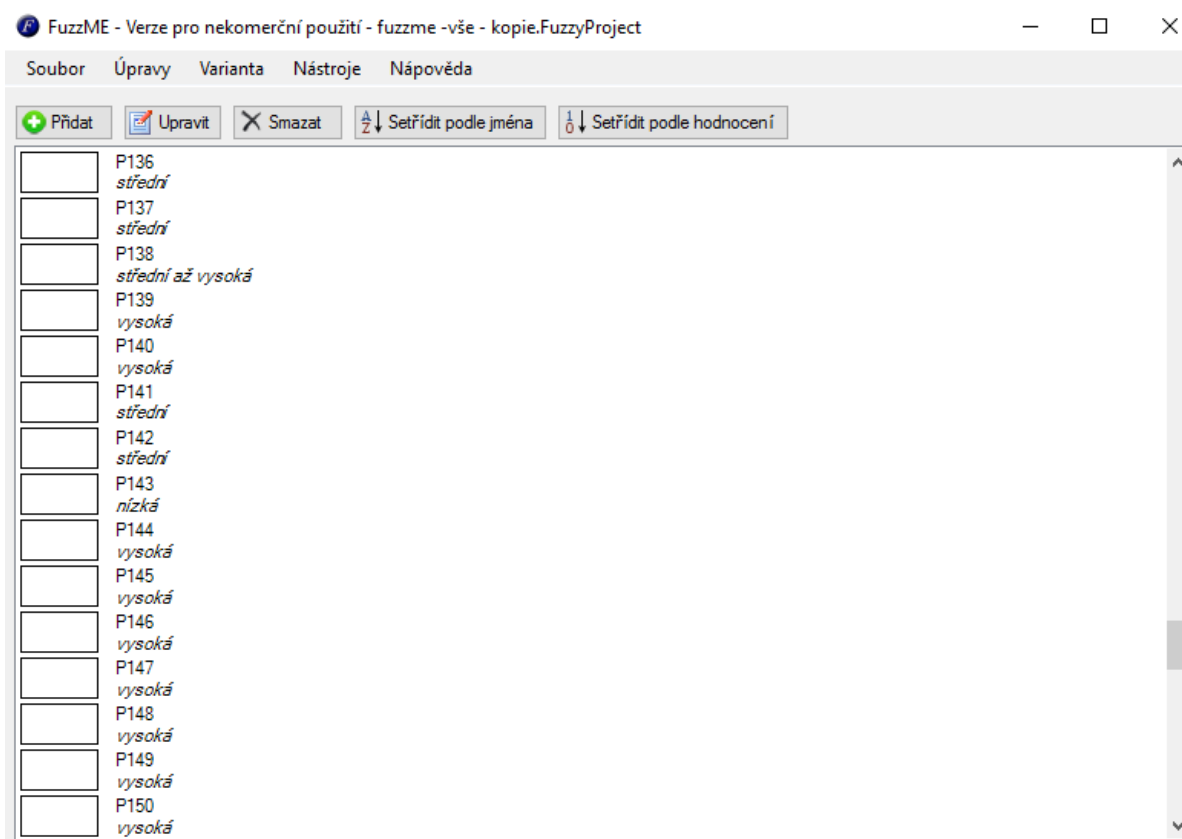
Poté jsme mohli přistoupit k importování naměřených dat ze softwaru Excel ve formátu csv. Program FuzzME všem probandům automaticky přiřadil odpovídající stupeň příslušnosti. Na Obrázku 15 je znázorněno hodnocení tenistky v jednotlivých položkách testové baterie.



Obrázek 15. Výsledky hodnocení probanda číslo 191v softwaru FuzzME.

V hlavní části okna se nahoře nachází barevně odlišené položky testové baterie T1 – T6 s přiřazením jednotlivých vah. Jelikož jde o normované váhy, v následujícím grafu všechny váhy splývají. Pod tímto grafem potom můžeme porovnat výsledky probanda v jednotlivých položkách testové baterie a určit, ve kterých testových položkách byl více či méně úspěšný. Souhrnné výsledky probanda lze vidět v levé části hlavního okna pod názvem celkové hodnocení. Je vyjádřeno slovně podle zadané úrovně, graficky na škále 0 až 1 podle pravidel fuzzy logiky a číselně jako těžiště rovněž na škále 0 až 1.

Přehled výsledků a hodnocení všech probandů v tenisu pomocí testové baterie TENDIAG1 si lze v programu FuzzME rovněž prohlédnout (obrázek 16). Jednotlivé tenistky se zde mohou seřadit podle jména nebo podle dosažených výsledků. Slovní hodnocení „střední až vysoká úroveň“, jak je možno vidět u probanda P138, se nachází v blízkosti jednotlivých výkonnostních tříd a dává trenérům signál o možném potenciálu hráčky.



Obrázek 16. Celkové slovní hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů probandů v tenisu v softwaru FuzzME.

5.3 Porovnání pravděpodobnostního a fuzzy přístupu

Jelikož jsou všechny funkce příslušnosti i výsledky celkového hodnocení definovány pouze v intervalu $\langle 0; 1 \rangle$ (0 znamená požadavek naprosto nesplněn, 1 znamená požadavek naprosto splněn), musel být součet jednotlivých hodnocení T1 až T6 vynásoben koeficientem 2, abychom oba přístupy hodnocení mohli porovnávat. U fuzzy přístupu jsme při volbě hodnocení jednotlivých testů zaokrouhlovali na dvě desetinná místa v intervalu $\langle 0; 1 \rangle$.

Tabulka 9. Porovnání výsledků získaných pomocí pravděpodobnostního a fuzzy přístupu.

PROBAND	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Fuzzy (x2)	Σ bodů	Diference
1	0,19	0,06	0,08	0,33	0,50	0	2,31	5	-2,69
2	0,84	0,63	0,09	0,50	0,50	0,32	5,74	6	-0,26
3	0,55	1	0,91	0,92	0	0,73	8,22	5	3,22
...
191	0,65	1	0,79	0,67	0,50	1	9,22	7	2,22
192	1	1	1	1	0,50	1	11	11	0
193	0,67	1	1	0	0	0,60	6,54	6	0,54

Vysvětlivky: viz Tabulka 4

Porovnání výsledků získaných pomocí pravděpodobnostního a fuzzy přístupu lze vidět v Tabulce 9 v posledním sloupci, kde je vyjádřen bodový rozdíl mezi oběma přístupy. Proband dosáhl lepšího výsledku při použití fuzzy přístupu, jestliže je diference kladná. Pokud je diference záporná, dosáhl proband lepšího výsledku při pravděpodobnostním hodnocení.

Na obrázku 17 je uvedena hodnota Pearsonova korelačního koeficientu a hladina statistické významnosti mezi výsledky pravděpodobnostního a fuzzy hodnocení u souboru tenisek (n=193). Korelační koeficient v tomto vztahu nabývá hodnoty $r=0,87$ ($p=0,00$), což znamená statisticky významnou kladnou korelaci mezi výsledky obou hodnocení; podle Hendla (2009) jde o velkou sílu asociace (0,7–1,0). To ovšem znamená, že výsledky hodnocení souboru tenisek oběma přístupy se významně neliší.

Proměnná	Korelace	
	1-193 body	1-193 fuzzy
1-193 body	1,0000	,8674
	p= ---	p=0,00
1-193 fuzzy	,8674	1,0000
	p=0,00	p= ---

Obrázek 17. Pearsonův korelační koeficient mezi pravděpodobnostním a fuzzy přístupem u základního souboru (n=193) v softwaru Statistica12.

Věcná významnost rozdílu středních hodnot byla posouzena pomocí Cohenova d, zjištěná hodnota ($d=0,08$) znamená věcnou nevýznamnost rozdílu. Rovněž následné ověření statistické významnosti pomocí Studentova t-testu ($p=0,48$) prokázalo nevýznamnost rozdílu středních hodnot, jak je zřejmé z obrázku 18. Alternativní hypotézu, předpokládající významné rozdíly v hodnocení pomocí jednotlivých přístupů, tedy zamítáme.

Skup. 1 vs. skup. 2	T-test pro nezávislé vzorky (základní soubor)								
	Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky								
	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2
1-193 body vs. 1-193 fuzzy	5,844560	6,011979	-0,703495	384	0,482174	193	193	1,804706	2,770152

Obrázek 18. Studentův t-test se zvýrazněnou hladinou statistické významnosti mezi pravděpodobnostním a fuzzy přístupem u základního souboru ($n=193$) v softwaru Statistica12.

Pro detailnější analýzu jsme však výzkumný soubor rozdělili na dvě podskupiny tenistek, jež v jednotlivých testech dosáhly „hraničního výkonu“ a jejich výsledek se tedy číselně nachází v blízkosti další výkonnostní třídy. To znamená, že pro jednotlivé hodnotící kategorie (nízká, střední, vysoká úroveň), odpovídající bodovým intervalům $\langle 1 \text{ až } 4 \rangle$, $\langle 5 \text{ až } 8 \rangle$, $\langle 9 \text{ až } 12 \rangle$, jsme zvolili subsoubory hráček, jež získaly 4–5 bodů ($n=52$) resp. 8–9 bodů ($n=24$).

Dvojice proměnných	Spearmanovy korelace			
	Počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p-hodn.
4-5 body & 4-5 fuzzy	52	0,440976	3,474213	0,001068

Obrázek 19. Spearmanův korelační koeficient s hladinou statistické významnosti mezi pravděpodobnostním a fuzzy přístupem pro skupinu hráček se 4 a 5 body ($n=52$) v softwaru Statistica12.

Spearmanovy korelace ChD vynechány párově Označ. korelace jsou významné na hl. $p < ,05000$				
Dvojice proměnných	Počet plat.	Spearman R	t(N-2)	p-hodn.
8-9 body & 8-9 fuzzy	24	0,536338	2,980611	0,006897

Obrázek 20. Spearmanův korelační koeficient s hladinou statistické významnosti mezi pravděpodobnostním a fuzzy přístupem pro skupinu hráček s 8 a 9 body ($n=24$) v softwaru Statistical12.

Jak je zřejmé z obrázků 19 a 20, Spearmanův koeficient u první podskupiny nabývá hodnoty $r=0,44$ ($p=0,001$), u druhé podskupiny nabývá hodnoty $r=0,53$ ($p=0,007$). V obou případech se tedy jedná o statisticky významnou souvislost výsledků hodnocení.

Posouzení míry souvislosti hodnocení získaných pomocí pravděpodobnostního a fuzzy přístupu u dvou podskupin tenistek, které dosáhly „hraničního výkonu“, tedy rovněž prokázalo statisticky významnou souvislost (i když nižší) mezi výsledky oběma přístupy. Tato skutečnost vyžaduje další zkoumání. Je zřejmé, že klasické statistické posouzení shody mezi výsledky pravděpodobnostního a fuzzy přístupu neumožňuje dostatečnou identifikaci rozdílů. Věcná významnost rozdílů středních hodnot u zvolených podskupin byla tedy posouzena opět pomocí Cohenova d : hodnota $d=0,47$ u první podskupiny hráček (které získaly 4-5 bodů) tedy signalizuje nízkou věcnou významnost bodové difference mezi oběma způsoby hodnocení, hodnota $d=0,75$ u druhé podskupiny hráček (které získaly 8-9 bodů) znamená střední věcnou významnost rozdílů bodové difference mezi oběma způsoby hodnocení. Přestože ověření statistické významnosti rozdílů středních hodnot pomocí Studentova t -testu ($p=0,02$ u první podskupiny a $p=0,01$ u druhé podskupiny) prokázalo statistickou významnost rozdílů středních hodnot, přikláníme se k názoru Blahuše (2000), který doporučuje v případě, že se nejedná o náhodný výběr probandů (což je náš případ), nejprve posoudit velikost věcné významnosti a upřednostňovat její závěry.

T-test pro nezávislé vzorky (Tabulka1) Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky									
Skup. 1 vs. skup. 2	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč. plat. skup. 1	Poč. plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2
4-5 body vs. 4-5 fuzzy	4,769231	4,224769	2,407042	102	0,017880	52	52	0,425436	1,574658

Obrázek 21. Studentův t -test se zvýrazněnou hladinou statistické významnosti mezi pravděpodobnostním a fuzzy přístupem pro skupinu hráček se 4 a 5 body ($n=52$) v softwaru Statistical12.

T-test pro nezávislé vzorky (Tabulka1)									
Pozn.: Proměnné byly brány jako nezávislé vzorky									
Skup. 1 vs. skup. 2	Průměr skup. 1	Průměr skup. 2	Hodnota t	sv	p	Poč.plat. skup. 1	Poč.plat. skup. 2	Sm.odch. skup. 1	Sm.odch. skup. 2
8-9 body vs. 8-9 fuzzy	8,291667	9,054000	-2,61012	46	0,012175	24	24	0,464306	1,353408

Obrázek 22. Studentův t-test se zvýrazněnou hladinou statistické významnosti mezi pravděpodobnostním a fuzzy přístupem pro skupinu hráček s 8 a 9 body (n=24) v softwaru Statistica12.

6 DISKUZE

V diplomové práci jsou nastíněny možnosti využití fuzzy přístupu při hodnocení výkonnostních předpokladů tenistek v testové baterii TENDIAG1 (Zháněl, Balaš, Trčka & Shejbal, 2000). Na základě expertního posouzení byly zvoleny vhodné hodnotící funkce příslušnosti, jež jsou pro tvorbu postupu hodnocení fuzzy přístupem nezbytné. Vycházeli jsme přitom z obdobných prací autorů Zháněl, Leist, Kadlčíková a Talašová (1999a, 1999b) a Zháněl, Lehnert a Černošek, (2006). Hubáček (2016) na dané práci navázal, přidal celkové hodnocení pomocí fuzzy přístupu s využitím rovnocenných vah (aritmetický průměr) a naznačil srovnání s klasickým pravděpodobnostním přístupem. V naší diplomové práci je tvar hodnotících funkcí ponechán od Hubáčka (2016), byly však upraveny hraniční body v horizontálním směru, s ohledem na výsledky statistického zpracování výzkumných dat a s tím spojenou úpravu norem.

Posouzení statistické souvislosti mezi výsledky pravděpodobnostního a fuzzy hodnocení u souboru všech tenisek ($n=193$) pomocí výpočtu korelačního koeficientu ($r=0,87$) prokázalo statisticky významnou kladnou korelaci mezi výsledky obou hodnocení.

Posouzení významnosti diferencí mezi úrovní středních hodnot výsledků hodnocení zjištěných pomocí pravděpodobnostního a fuzzy přístupu nebyla prokázána ani věcná ($d=0,08$), ani statistická ($p=0,48$) významnost rozdílu. Alternativní hypotézu, v níž jsme předpokládali statisticky významné rozdíly, proto zamítáme.

Dále jsme posuzovali statistickou souvislost mezi výsledky pravděpodobnostního a fuzzy hodnocení u subsouborů tenistek, jež se svými výsledky blížily hraniční úrovni další výkonnostní třídy (tedy získaly v celkovém hodnocení 4-5 bodů resp. 8-9 bodů). Rovněž u těchto hráček byla prokázána statisticky významná závislost mezi výsledky obou hodnocení, i když poměrně nižší ($r=0,44$, resp. $r=0,54$).

Posouzení diferencí středních hodnot výsledků hodnocení subsouborů pomocí obou přístupů prokázalo nízkou ($d=0,47$), resp. střední ($d=0,75$) věcnou významnost. V souladu s názorem Blahuše (2000) proto nepovažujeme statistickou významnost ($p=0,02$ resp. $p=0,01$) zjištěnou pomocí t-testu za relevantní, protože výzkumné soubory nebyly získány náhodným výběrem. Výsledky obdobného výzkumu Hubáčka (2014) u tenistů ($n=88$, věk $12,5\pm 0,3$) přinesly obdobné závěry. Míra shody mezi výsledky obou hodnocení byla statisticky významná ($r=0,92$), nebyla tedy prokázána významnost diferencí mezi hodnocením zjištěných pomocí pravděpodobnostního a fuzzy přístupu.

7 ZÁVĚRY

Cílem výzkumu byla prezentace možnosti využití fuzzy teorie pro hodnocení výkonnostních předpokladů ve sportu a posouzení případných diferencí v hodnocení výsledků získaných pomocí testové baterie TENDIAG1. Výzkum byl zaměřen na možnosti hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenise a byl realizován u souboru mladých tenistek ($n=193$) ve věku 11–12 let. Výsledky byly hodnoceny nejprve pomocí pravděpodobnostního přístupu a následně pomocí fuzzy přístupu.

Statistická analýza výzkumných dat a výpočet základních statistických charakteristik (M , SD) byly podkladem pro posouzení úrovně, tvorbu hraničních hodnot a výkonnostních norem (nízká, střední, vysoká úroveň) a dále východiskem pro komparaci hodnocení pomocí pravděpodobnostního a fuzzy přístupu.

V souladu s principy fuzzy teorie a s ohledem na charakter jednotlivých testů byly expertně zvoleny po částech lineární funkce příslušnosti typu S a Z . Stupeň příslušnosti pro každou hráčku a každý výsledek v testu byl získán pomocí softwaru FuzzME.

Posouzení věcné i statistické významnosti souvislosti mezi výsledky celkového hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenisu s využitím fuzzy přístupu a diskrétního přístupu pomocí výpočtu korelačního koeficient ($r=0,86$) prokázalo statisticky významnou kladnou korelaci mezi oběma způsoby hodnoceními. Rovněž u subsouborů hráček, jež se svými výsledky blížily hraniční úrovni výkonnostní třídy, byla prokázána statisticky významná závislost mezi výsledky obou hodnocení ($r=0,44$, resp. $r=0,54$).

Posouzení významnosti difference středních hodnot mezi výsledky celkového hodnocení s využitím fuzzy přístupu a diskrétního přístupu pomocí Cohenova d ($d=0,08$, žádná věcná významnost) i pomocí t -testu ($p=0,48$) neprokázalo věcně ani statisticky významný rozdíl. Hypotéza H_A byla proto zamítnuta, nebyly prokázány statisticky významné rozdíly při porovnání obou přístupů.

Rovněž u subsouborů hráček, jež se svými výsledky blížily hraniční úrovni výkonnostní třídy, nebyla prokázána věcná významnost diferencí středních hodnot mezi výsledky celkového hodnocení s využitím fuzzy přístupu a diskrétního přístupu.

8 SOUHRN

Diagnostika faktorů sportovního výkonu je důležitým předpokladem plánování a řízení procesu sportovního tréninku. Výzkumný záměr spočívá v prezentaci možností využití fuzzy přístupu při hodnocení úrovně výsledků tenistů v testové baterii TENDIAG a v komparaci hodnocení úrovně tenistů získané pomocí fuzzy přístupu a pravděpodobnostního přístupu. Výzkumný soubor je tvořen tenistkami v letech 11–12 let ($n=193$), jejichž antropometrické a motorické výkonnostní předpoklady byly získány pomocí testové baterie TENDIAG1 v letech 2000-2015. Úroveň motorických předpokladů byla vyhodnocena pravděpodobnostním přístupem pomocí tříbodové škály a následně fuzzy přístupem. Při komparaci výsledků u obou přístupů hodnocení nebyly zjištěny významné statistické ani věcné rozdíly, stejně jako u podskupin hráček, jejichž výsledky se v jednotlivých dílčích testech nacházely v blízkosti hranic výkonnostních tříd. Alternativní hypotézu, která předpokládala významné rozdíly mezi jednotlivými přístupy hodnocení, proto zamítáme. V souvislosti s identifikací a výběrem tenisových talentů se však využití fuzzy přístupu ukázalo účinnější než přístupu pravděpodobnostního, neboť umožňuje jemnější rozlišení úrovně testovaných jedinců.

9 SUMMARY

Diagnosis of factors of sporting performance is an important prerequisite for planning and management of sports training. The objective of the research is to present the potential usage of the fuzzy approach while evaluating the level of the results of the tennis players in the test battery TENDIAG1 and comparing the evaluation of the level of the tennis players obtained using the fuzzy approach and probabilistic approach. The research set consists of junior female tennis players aged 11-12 (n=193), the anthropometric and motor characteristics were obtained using a test battery TENDIAG1 in the years 2000-2015. Level of motoric requirements was evaluated by the classical probability method using the discrete three-point range, and by the fuzzy method. There were not found any significant differences between individual approaches, partial differences have not been found in the subsets of the players, whose results fell close to the performance levels borders. We can, therefore, dismiss the hypothesis on importance of differences in total results between individual approaches. Using the fuzzy approach has still proved to be more useful than the classical approach with the discrete scale, in terms of talent identification, for it enabled to differentiate a level of the tested players more finely.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Acharjee, S., & Chaudhuri, S. (2012). Fuzzy Logic Based Three Step Search Algorithm for Motion Vector Estimation. *I. J. Image, Graphics and Signal Processing*, 6(2), 37-43.
- Altrock, C. von (1993). *Fuzzy Logik*. Band 1, Technologie. München: Oldenbourg.
- Bartlett, R. (2006). Artificial intelligence in sports biomechanics: new dawn or false hope?. *Journal of Sports Science and Medicine* 5(12), 474-479.
- Berka, K. (1997). *Měření*. Praha: Academia.
- Bělohávek, R., & Klir, G. J. (Eds.). (2011). *Concepts and fuzzy logic*. Massachusetts: MIT Press.
- Biswasa, A., Lemaire, E., D., & Kofman, J. (2008). Dynamic gait stability index based on plantar pressures and fuzzy logic. *Journal of Biomechanics*, 41(8), 1574–1581.
- Blahuš, P. (1996). *K systémovému pojetí statických metod v metodologii empirického výzkumu chování*. Praha: Karolinum.
- Blahuš, P. (2000). Statistická významnost proti vědecké průkaznosti výsledků výzkumu. *Česká kinantropologie*, 4(2), 53-72.
- Bottoni, A., Gianfelici, A., Tamburri, R., & Faina, M. (2011). Talent selection criteria for olympic distance triathlon. *Journal of Human Sport & Exercise*, 6 (2), 293-304.
- Bös, K. (2001). *Handbuch Motorische Tests*. Göttingen: Hogrefe.
- Crespo, M. & Miley, D. (2003). *Tenisový trenérský manuál 2. stupně (pro vrcholové trenéry)*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Couceiro, M. S., Martins, F. M. L., Clemente, F. M., Dias, G., & Mendes, R. (2014). On a fuzzy approach for the evaluation of golf players. *Journal of Science and Technology*, 8(01), 86-99.
- Dal-Ri, F., Alonso, J., & Duarte, C. (2005). Modeling the Subjectivity in the Target Costing Process: An Experimental Approach Based on the Fuzzy Logic Concepts. *The International Journal of Digital Accounting Research*, 5(10), 203-222.
- Demicco, R. V., & Klir, G. J. (2004). *Fuzzy logic in geology*. USA: Academic Press.
- Dovalil, J., & Chaloupecká, M. (Eds.). (2008). *Současný sportovní trénink*. Praha: Olympia.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Drösser, C. (1994). *Fuzzy Logik. Methodische Einführung in krauses Denken*. Reinbek: Rororo.

- Dynda, V. & Medek, J. (1997). *Nástroje pro vývoj fuzzy aplikací. Rešerše pro kurs Aplikace mikropočítačových systémů*. Retrieved 15. 3. 1999 from the World Wide Web: www.cs.felk.cvut.cz/~xmedekj.
- Elsea, P. (2014). *A Fuzzy Logic Primer*. Retrieved 21. 1. 2017 from the World Wide Web: http://artsites.ucsc.edu/ems/music/research/Fuzzy_primer07.pdf
- Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Pluim, B. M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 387-391.
- Fernandez-Fernandez, J., Ulbricht, A., Ferrauti, A. (2014). Fitness testing of tennis players: How valuable is it?. *British Journal of Sports Medicine*, 48, 22-31.
- Ferrauti, A., Maier, P., & Weber, K. (2014). *Handbuch für Tennis training*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Filipčič, A., & Filipčič, T. (2005). The relationship of tennis-specific motor abilities and the competition efficiency of young female tennis players. *Kinesiology*, 37(2), 164-172.
- Filipčič, A., Pisk, L., & Filipčič, T. (2010). Relationship between the results of selected motor tests and competitive success fulness in tennis for different agecat. *Kinesiology* 42(2), 175-183.
- Gottwald, S. (2000). *A Treatise on Many-valued Logics*. Baldock, UK: Research Studies Press.
- Göhner, U. (1999). *Einführung in die Bewegungslehre des Sports*. Teil 1: Die sportlichen Bewegungen. Schorndorf: Hofmann.
- Grasgeuber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. C Press: Brno.
- Grosser, M., & Schönborn, R. (2008). *Závodní tenis pro děti a mladé hráče*. (J. Halířová, Z. Janoušek, Trans.) Bílina: Ladislav Hrubý. (Originál vydán 1998).
- Haag, H. (2010). *Research methodology for sport and exercise science: a comprehensive introduction for study and research*. Berlin: Logos.
- Hájek, J. (2012). *Antropomotorika*. Praha: Univerzita Karlova v Praze Pedagogická fakulta.
- Hendl, J. (2008). *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. Praha: Portál.
- Hendl, J. (2009). *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku* (T. Studený, Trans). Prostějov: Sport a věda.
- Holeček, P., & Talašová, J. (2010). FuzzME: A new software formultiple-criteria fuzzy evaluation. *Acta Universitatis Matthiae Belii ser. Mathematics*, 16, 35-51.

- Holeček, P., Talašová J., Müller, I. (2012). Fuzzy Methods of Multiple-Criteria Evaluation and Their Software Implementation. *Cross-Disciplinary Applications of Artificial Intelligence and Pattern Recognition: Advancing Technologies* (Mago V. K., Bhatia N. Eds.), IGI Global.
- Holeňa, M. (1994). *Základy teorie fuzzy množin*. Praha: České vysoké učení technické.
- Hubáček, O., Zháněl, J., & Polách, M. (2015). Comparison of probabilistic and fuzzy approaches to evaluating the level of performance preconditions in tennis. *Kinesiologia Slovenica*, 21 (1), 26–36.
- Hubáček, O. (2016). *Využití fuzzy teorie pro hodnocení úrovně výkonnostních předpokladů v tenisu*. Disertační práce, Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Ivancević, T., Jovanović, B., & Marković, S. (2010). Fuzzy Control Strategies in Human Operator and Sport Modeling. *Fuzzy Information and Engineering*, 2, 157-186.
- Joch, W. (1992). *Dassportliche Talent*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Kadlčíková, K. (1999). *Užití fuzzy množin při hodnocení motorické výkonnosti uchazečů o studium tělesné výchovy*. Diplomová práce, Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Klett, G. (1995). *Einführung in Fuzzy Logic*. Bonn: Addison-Wesley.
- Kopecký, M. (2004). *Základy teorie množin*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Kostelanský, J. (1995). Fuzzy SQL – Omron/Oracle. *Computer Echo*, 1.
- Kovacs, S. M. (2007). Tennis Physiology. *Sports Med*, 37(3), 189-198.
- Lehnert, M. (2007). *Současné směry teorie a praxe sportovního tréninku*. Závěrečná práce. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Leist, K. H. (1996). *Fuzzy: Modellierung verschieden artigen Systeme und Prozesse unter Heranziehung unscharfer Mengen, Analyse und Verarbeitung unscharfer Daten. Perspektiven einer kurzfristigen Einarbeitung*. In: Quade, K. (Red.) *Anwendungen der Fuzzy-Logik und Neuronaler Systeme*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Sport und Buch Strauss, Köln.
- Lienert, G. A. (1969). *Test auf bau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz.
- Liesegang, W. (1996). Ein Fuzzy-Modell für Angriff-Abwehr Interaktionen im Handball. In K. Quade (Ed.), *Anwendungen der Fuzzy Logik und Neuronaler Systeme I* (pp. 33-40). Bundesinstitut für Sportwissenschaft. Köln: Sport und Buch Strauss.
- Lozano, M. C., & Fuentes, F. (2003). Tratamiento Borroso Del Intangible en la valoración de empresas de Internet. Retrieved 15. 1. 2017 from the World Wide Web: <http://xiforofinanzas.ua.es/trabajos/1001.pdf>

- Martínez, J., A., Ko, Y., J., & Martínez, L. (2010). An Application of Fuzzy Logic to Service Quality Research: A Case of Fitness Service. *Journal of Sport Management*, 24(10), 502-52.
- Melišová, L. a kol. (1992). *Teória a didaktika športovej špecializácie v tenise*. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Mezyk, E., & Unold, O. (2011). Machine learning approach to model sport training. *Computers in Human Behavior*, 27(2011), 1499–1506.
- Měkota, K. (1996). Čtvrt století strukturálních a komparativních výzkumů motoriky kandidátů studia a studentů tělesné výchovy na Univerzitě Palackého v Olomouci. In *Problémy talentových zkoušek a výběru osob na studia tělesné výchovy* (pp. 4-6). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Měkota, K. (1997). Problémy výběru talentovaných osob na studia tělesné výchovy. In *Sborník referátů z národní konference Tělesná výchova a sport na přelomu století* (pp. 405-407). Praha: Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.
- Měkota, K., Gajda, V., Komeščík, B., Kovář, R., Zháněl, J. (1997a). *Talentová přijímací zkouška na studia tělesné výchovy* (Průběžná zpráva rozvojového projektu 1478/1997 Fondu rozvoje vysokých škol). Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Měkota, K., Gajda, V., Komeščík, B., Kovář, R., Zháněl, J. (1997b). *Manuál talentové přijímací zkoušky na studia tělesné výchovy* (Rozvojový grant MŠMT – průběžná zpráva za rok 1997, část II.). Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Měkota, K., Zháněl, J., Komeščík, B., Kovář, R., & Gajda, V. (1998). Nová koncepce talentové přijímací zkoušky na studia tělesné výchovy. *Česká kinantropologie*, 2 (1), 17-19.
- Měkota, K. & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti, činnosti a výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Moravec, R., Kampmiller, T., Vanderka, M., Laczó, E. (2007). *Teória a didaktika výkonnostního a vrcholového športu*. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Moussa, M., Douik, A., & Messaoud, H. (2014). Fuzzy Sequential Algorithm for Discrimination and Decision Maker in Sporting Events. *International Journal of Computer, Information*, 8(1), 147-152.
- Naim, N. S. M., Abdullah, M. L., Taib, CH. M. I., & Tap, A. O. M. (2009). New Fuzzy Preference Relations and its Application in Group Decision Making. *World Academy of Science*, 54, 690-695.

- Nowacki, P. E. (2014). *Fuzzy Logic: An Introduction to Fuzziness in Controllers*. New York: Continuing Education and Development.
- Novák, V. (1990). *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. SNTL, Praha.
- Novák, V. (2012). On modelling with words. *International Journal of General Systems*, 42, 21-40.
- Olaru, D., & Smith, B. (2002). *Modelling daily activity schedules with fuzzy logic*. Australia: University of Western.
- Papić, V., Rogulj, N., & Pleština, V. (2008). Identification of sport talents using a web-oriented expert system with a fuzzy module. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8830-8838.
- Papić, N., Rogulj, N., Pleština, V. (2011). Expert Systems for Identification of Sport Talents: Idea, Implementation and Results. In P. Vizureanu (Ed.), *Expert Systems for Human, Materials and Automation* (pp. 3-16). Rijeka: InTech.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Perl, J. (2000). Ablegen – und Wiederfinden. Probleme und Lösungsansätze für den Einsatz von Datenbanken bei komplexen Informationsstrukturen. In A. Baca (ed.), *Computer Science in sport = Informatik Im Sport* (pp. 184-197). Wien: öbvundhpt.
- Pulpán, Z. (1992). *Základy informační analýzy didaktického nebo psychologického experimentu* [Učební texty]. Hradec Králové: Gaudeamus.
- Pulpán, Z. (1997). *K problematice vágnosti v humanitních vědách*. Praha: Academia.
- Reid, M., Quinn, A., & Crespo, M. (Eds.). (2003). *Strength and Conditioning for Tennis*. Londýn: International Tennis Federation.
- Riegrová J., Přidalová M., & Ulbrichová M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v TV a sportu (příručka funkční antropologie)* (3rded.). Olomouc: Hanex.
- Rogulj, N., Papić, V., & Čavala, M. (2009). Evaluation Models of Some Morphological Characteristics for Talent Scouting in Sport. *Coll. Antropol.* 33(1), 105-110.
- Roth, E. (1995). *Socialwissenschaftliche Methoden*. München: Oldenbourg.
- Sagar, S., & Babu, A. K. (2012). Removing Impulse Random Noise from Color Video Using Fuzzy Filter. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(3), 7-10.
- Schanabel, G., Harre, D., & Borde, A. (Eds.). (1994). *Trainingswissenschaft*. Berlin: Sportverlag.

- Senanayake C., M., & Senanayake S., M., N., A. (2010). Computational Intelligent Gait-Phase Detection System to Identify Pathological Gait. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(5), 1173 – 1179.
- Shin, C., Y., & Wang, P., P. (2010). ECONOMIC APPLICATIONS OF FUZZY SUBSET THEORY. *New Mathematics and Natural Computation*, 6(3), 301-320.
- Schiebl, F. (2000). Fuzzy-Bewegungsanalyse. Die Analyse sportlicher Bewegungen auf der Basis unscharfer Mengen [Fuzzy-Movement analysis. The analysis of sports movements based on vague sets]. Schorndord: Hofmann.
- Schönborn, R. (2008). *Optimální tenisový trénink*. (T. Studený, Trans.). Olomouc: doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr. (Originál vydán 2006).
- Sigmund, E., Sigmundová, D., Zacpal, J., Sklenář, V., & Bělohávek, R. (2008). Využití formální konceptuální analýzy při vyhodnocování dat z IPAQ dotazníku. *Česká kinantropologie*, 12(1), 62-72.
- Sigmund, E., Sigmundová, D., & Zacpal, J. (2009). The application of formal concept analysis and the importance of scale selection in the evaluation of physical activity data in relation to the body mass index. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*, 39(4).
- Stoklasa, J., Sukač, V., Talášek, T., & Talašová, J. (2015). Soft consensus model under linguistically labelled evaluations. *In 33rd International Conference*, 743 – 748.
- Talašová, J. (2000). NEFRIT – Multicriteria decision making based on fuzzy approach. *CEJOR*, 8, 297-319.
- Talašová, J. (2003). *Fuzzy metody vícekritériálního hodnocení a rozhodování*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Talašová, J., & Holeček, P. (2009). Multiple-Criteria Fuzzy Evaluation: The FuzzME Software Package. In J. P. Carvalho, D. Dubois, U. Kaymak, & J. M. C. Sousa (Eds.), *Proceedings of the 2009 International Fuzzy Systems Association World Congress and 2009 European Society for Fuzzy Logic and Technology Conference* (pp. 681-686).
- Ulbricht, A., Fernández-Fernández, J., & Ferrauti, A. (2013). Conception for Fitness Testing and Individualized Training Programs in German Tennis Federation. *Sport Orthopädie Traumatologie*, 29, 180-192.
- Ulbricht, A., Fernández-Fernández, J., & Ferrauti, A. (2015). The German Physical Condition Tennis Testing Program: Measurements and Implications for Training. *Journal of Medicine Science in Tennis*, 20 (1), 6-16.

- Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Ferrauti, A. (2016). Impact of fitness characteristics on tennis performance in elite junior tennis players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 989-998.
- Unierzyski, P.; Crespo, M. (2007). Review of modern teaching methods for tennis. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 7(3), 1-10.
- Vaverka, F., & Černošek, M. (2007). *Tělesné rozměry a tenis*. Olomouc, Univerzita Palackého.
- Weber, K. (2003). Demand Profile, Diagnostics and Training of Running-Speed in Elite Tennis. *13th ITF World wide Coaches Workshop*.
- Wohlmann, R. (1996). *Leistungs diagnostik im tennis*. Ahrensburg: Czwalina.
- Zadeh, L., A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338 – 353.
- Zadeh, L., A. (2008). Is there a need for fuzzy logic? *Information Sciences*, 178, 2751 – 2779.
- Zháněl, J. (1995). Talentové vstupní zkoušky z tělesné výchovy v některých evropských zemích. *Telesná výchova & šport*, 5 (3), 7-11.
- Zháněl, J. (1996). *Struktura motorických předpokladů studujících tělesné výchovy*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Zháněl, J. (2005). *Diagnostika výkonnostních předpokladů ve sportu (a její praktické aplikace v tenise)*. Habilitační práce, Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Zháněl, J. (2005). Diagnostika ve sportu. *Telesná výchova a šport*, 15(2), 48-51.
- Zháněl, J., Balaš, J., Trčka, D., & Shejbal, J. (2000). Diagnostika výkonnostních předpokladů v tenise. *Tenis*, 11(3), 18-19.
- Zháněl, J., Černošek, M., Lehnert, M., & Cuberek, R. (2008). Diagnostické metody a možnosti jejich využití při dlouhodobém sledování úrovně výkonnostních předpokladů v tenise. In J. Dovalil & M. Chalupková (Eds.), *Současný sportovní trénink* (pp. 144-150). Praha: Olympia.
- Zháněl, J., Kadlčíková, K., & Cibulková, L. (2001). Evaluation of efficiency based on the principle of fuzzy theory in tennis. In H. Válková & Z. Hanelová (Eds.), *Movement and Health* (pp. 525-529). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Zháněl, J., Leist, K. H., Kadlčíková, K., & Talašová, J. (1999a). Fuzzy theory and possibilities of its use in diagnostics of motor performance. In H. Válková & Z. Hanelová (Eds.), *Sborník příspěvků z mezinárodní konference Pohyb a zdraví* (pp. 572 – 577). Olomouc: Univerzita Palackého.

- Zháněl, J., Leist, K. H., Kadlčíková, K., & Talašová, J. (1999b). Possibilities of application of fuzzy sets in evaluation of motor performance. In V. Strojnik, & A. Ušaj (Eds.), *Sport Kinetics '99. 6th Scientific Conference „Theories of Human Motor Performance and their Reflections in Practise“* (pp. 421-524). Ljubljana: University of Ljubljana.
- Zháněl, J., Lehnert, M., & Černošek, M. (2006). Možnosti uplatnění fuzzy logiky při diagnostice výkonnostních předpokladů ve sportu (na příkladu tenisu). In *Sport a kvalita života* (p. 141). Brno: Masarykova univerzita.
- Zimmermann, H. J. (1993). *Fuzzy - Technologien*. Düsseldorf, VDI Verlag GmbH.
- Zinner, J., Ester, J., Pansold, B., Wolff, R. (1994). Zur Nutzung unscharfer (Fuzzy) – Bewertungsmethoden für die Auswertungsleistung diagnostischer Untersuchungen. *Leistungssport*. 24 (1994), 4, Münster.
- Zio, E., Baraldi, P., & Popescu, C. I. (2008). A fuzzy decision tree for fault classification. *Risk Analysis*, 28(1), 49-67.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1

**TESTOVÁ BATERIE
TENDIAG1
PRO
PRO DIAGNOSTIKU VÝKONNOSTNÍCH PŘEDPOKLADŮ V TENISE**

Verze z 30. 10. 2004

Český tenisový svaz



Zpracoval

Doc. RNDr. Jiří Zháněl, Dr.

Fakulta tělesné kultury UP Olomouc

Metodická komise Českého tenisového svazu

I. OBLAST TĚLESNÝCH PŘEDPOKLADŮ

1. BMI (Body Mass Index)

Informace, zda tělesná hmotnost odpovídá tělesné výšce

2. IPR (Index pohyblivosti ramen)

Informace o pohyblivosti ramenního kloubu - protáčení tyče

3. Tělesná výška

II. OBLAST KONDIČNÍCH SCHOPNOSTÍ

3. Síla - *síla stisku pravé a levé ruky (dynamometr)*

Test statické síly pravé a levé ruky

4. Rychlost (běžecká) - *rychlost běhu při změnách směru „modifikovaný vějíř“*

Test běžecké rychlosti na vzdálenost cca 55 m.

5. Vytrvalost (střednědobá) - *vytrvalostní běh se změnou směru (na 60 doteků tj. vzdálenost cca 486 m)*

Test specifické střednědobé vytrvalosti

III. OBLAST KOORDINAČNÍCH SCHOPNOSTÍ

6. Rychlost reakce rukou - *reakce na vizuální podnět*

Test rychlosti reakce oko-ruka na vizuální podnět

7. Rychlost reakce nohou - *reakce na vizuální podnět*

Test rychlosti reakce oko-noha na vizuální podnět

8. Pohyblivost trupu - *otáčení a předklon*

Test koordinace a dynamické pohyblivosti trupu

POPIS TESTŮ

1. BMI (Body Mass Index)

Potřeby: měřidlo, osobní váha, kalkulačka, protokol

Provedení: BMI je indikátorem, informujícím, zda tělesná hmotnost odpovídá tělesné výšce.

Odvozuje se z tělesné výšky a z tělesné hmotnosti podle následujícího vzorce

$$BMI = \frac{\text{hmotnost (kg)}}{\text{tělesná výška}^2 \text{ (m)}}$$

Měření výšky u stěny ve vzpřímené poloze za pomoci měřidla s přesností na 1 cm; měření hmotnosti na osobní nášlapné váze ve sportovním oblečení (bez bundy a bez obuvi) s přesností na 1 kg.

2. IPR (Index pohyblivosti ramen) - protáčení tyče

Test rozsahu pohybů v ramenních kloubech.

Potřeby: tyč dlouhá 100 cm s centimetrovým značením, kalkulačka, protokol

Provedení: U testované osoby se nejprve změří a zaznamená šířka ramen (biakromiální – přímá vzdálenost mezi body akromiale). Dále hráč uchopí tyč oběma rukama v předpažení a zkouší protočit natažené paže z předpažení do zapažení. Zkouší zúžit uchopení tak dlouho, dokud může paže protočit. Hráč provádí jeden pokus na zacvičení a dva „měřené“ pokusy. Jako celkový výsledek se počítá lepší z obou pokusů. Měří se nejmenší vzdálenost mezi rukama a následně se vypočítá index pohyblivosti ramenních kloubů takto (čím nižší index, tím lepší výsledek):

$$IPR = \frac{\text{šířka uchopení (cm)}}{\text{šířka ramen (cm)}}$$

3. Síla - síla stisku pravé a levé ruky (dynamometr)

Test statické síly pravé a levé ruky.

Potřeby: ruční digitální dynamometr 2 ks, protokol, tužka

Provedení: Hráč provede dva pokusy každou rukou na zácvik a úpravu dynamometru. Potom provede střídavě jeden pokus pravou a jeden pokus levou rukou a ještě jeden pokus pravou a jeden pokus levou. Všechny čtyři výsledky se zapisují. Jako celkový výsledek je počítán

lepší pokus každé ruky. Paže musí být při stisku nataženy podél těla, ale nesmí se opírat či dotýkat.

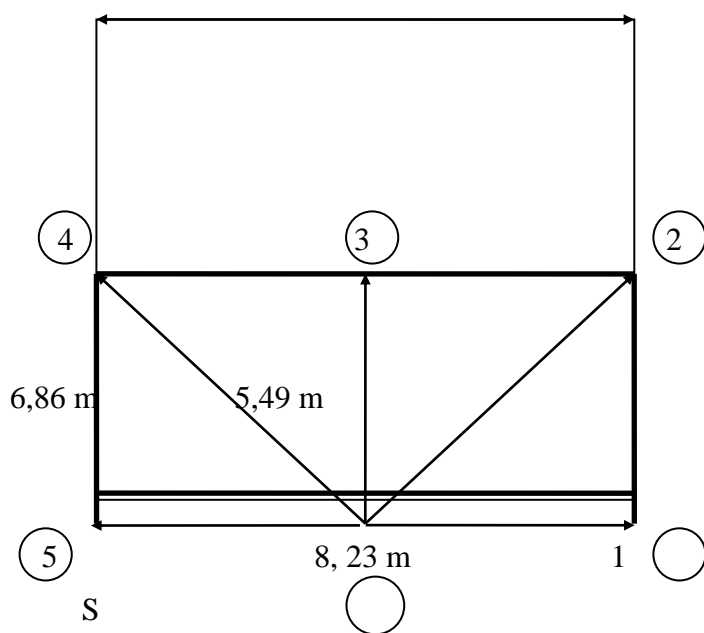
4. Rychlost (běžecká) - rychlost běhu při změnách směru (tzv. vějíř)

Test běžecké rychlosti na vzdálenost cca 55 m se změnou směru.

Potřeby: tenisová raketa, páska k vyznačení čtyřúhelníku (40x40 cm), medicinbal 5 ks, stopky, protokol

Provedení: Hráč stojí ve čtyřúhelníku (40x40 cm) uprostřed zadní čáry tenisového hřiště pro dvouhru. Po startovním signálu běží vždy co nejrychleji k určené metě, dotkne se raketou medicinbalu na ní položeného a běží zpět do čtyřúhelníku na zadní čáře. Nejdříve běží k pravému zadnímu rohu, dále šikmo vpřed do pravého předního rohu pole pro podání, vpřed do středu pole pro podání, dále šikmo vlevo do levého předního rohu pole pro podání, nakonec do levého zadního rohu. Provádějí dva pokusy na čas. Jako celkový výsledek se počítá lepší čas z obou pokusů.

Schéma:



5. Specifická vytrvalost - vytrvalostní běh se změnou směru (na 60 doteků)

Test specifické střednědobé vytrvalosti (cca 486 m)

Potřeby: tenisová raketa, medicinbal 2 ks, stopky, protokol

Provedení: Hráč stojí uprostřed zadní čáry tenisového hřiště pro dvouhru, po startovním signálu běží co nejrychleji k levému rohu a dotkne se raketou medicinbalu na něm položeném.

Potom běží k pravému zadnímu rohu a rovněž se dotkne položeného medicinbalu raketou. Test se provádí na 60 doteků medicinbalu a jako výsledek se počítá dosažený čas. Zaznamenává se i výsledek po 30 dotecích a ohlašuje se hráči. Test se provádí pouze jednou.

6. Rychlost reakce rukou - reakce na vizuální podnět

Test rychlosti reakce rukou na vizuální podnět.

Potřeby: monitor, počítač, program, dotykové plošiny

Provedení: diagnostické zařízení firmy FiTRONiC; testování pomocí programu FiTRO Reaction Check. Sportovec sedí 0,5 m před monitorem a reaguje dotekem na jednu ze čtyř plošin označených grafickým symbolem shodným se symbolem objevujícím se na monitoru. Hodnotí se průměrný čas reakce deseti středních pokusů z celkových dvaceti.

7. Rychlost reakce nohou - reakce na vizuální podnět

Test rychlosti reakce nohou na vizuální podnět.

Potřeby: monitor, počítač, program, dotykové plošiny

Provedení: diagnostické zařízení firmy FiTRONiC; testování pomocí programu FiTRO Agility Check. Sportovec stojí 1 m od monitoru a reaguje dotekem plošiny vlevo či vpravo na tenisový míček objevující se vlevo či vpravo. Hodnotí se průměrný čas reakce deseti středních pokusů z celkových dvaceti.

8. Pohyblivost trupu - otáčení a předklon

Test dynamické pohyblivosti trupu.

Potřeby: kotouče k vyznačení místa dotyku, stopky, gumový kotouč, protokol

Provedení: Na zemi se udělá značka tak, aby se jí hráč dotkl při předklonu a nedotýkal se přitom stěny. Další značka se udělá za ním na stěně na úrovni ramen uprostřed lopatek. Hráč stojí zády ke stěně, nohy od sebe na šířku ramen, ruce jsou spojeny. Po startovním povelu hráč provede předklon a spojenýma rukama se dotkne značky na zemi, po narovnání se otáčí vlevo, dotkne se spojenýma rukama značky na zdi, provede opět předklon s dotykem značky, narovná se a otáčí se vpravo atd. Test se provádí podobu 20 sekund, hodnotí se počet dotyků značek. Test se provádí dvakrát, jako celkový výsledek se hodnotí lepší z obou pokusů.