Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství

Diplomová práce

Návrh metodického konceptu umístění nové pobočky s využitím GIS a kvantitativních metod

Bc. Adam Vykouk

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Adam Vykouk

Kvantitativní metody v ekonomice
Systémové inženýrství

Název práce

Návrh metodického konceptu umístění nové pobočky s využitím GIS a kvantitativních metod

Název anglicky

Proposal of Methodical Concept for Company Branch Location with the Use of GIS and Quantitative Methods

---

Cíle práce

Cílem práce je vytvoření návrhu podpory rozhodování při umístění nové pobočky firmy obchodující s elektronikou. Výsledkem je varianta nebo soubor variant, které nejlépe splňují stanovená kritéria ve stanovených scénářích.

Metodika

Pro první teoretickou část je třeba nastudovat odbornou literaturu zabývající se vícekriteriální analýzou variant a geografickými informačními systémy a Voroného diagramy. V této části jsou popsány metody, které v druhé části vedou k řešení problému.

Druhá praktická část nejprve představuje firmu účinkující na trhu prodejců elektroniky a problém spjatý se zaváděním nové pobočky, který je následně vyřešen vícekriteriální analýzou variant s využitím geografického informačního systému ArcMap.

Doporučený rozsah práce

60-70

Klíčová slova

vícekriteriální analýza variant, geografický informační systém, ArcGIS, ArcMap, rozhodování, Voroného diagram

---

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, H. – ŠUBRT, T. – HOUŠKA, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA OPERAČNÍ A SYSTÉMOVÉ ANALÝZY. *Modely pro vícekriteriální rozhodování.* Praha: Credit, 2003. ISBN 80-213-1019-7.

FÁBRY, J. *Matematické modelování.* Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 978-80-7431-066-9.

FIALA, P. – JABLONSKÝ, J. – MAŇAS, M. *Vícekriteriální rozhodování : Určeno pro stud. všech fakult VŠE Praha.* Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.

GEORGE P. L., BOROUCHAKI H., Delaunay triangulation and meshing: 1. vyd. Paris, Hermes, 1998, ISBN 2-86601-692-0.

ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody.* Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.

VOŽENÍLEK, V. *Geografické informační systémy. I., Pojetí, historie, základní komponenty.* Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998. ISBN 80-7067-802-.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Robert Hlavatý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2021

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh metodického konceptu umístění nové pobočky s využitím GIS a kvantitativních metod" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2021 _____

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Robertu Hlavatému, Ph.D. za cenné nápady, věcné připomínky i povzbudivá slova. Dále Ing. Tomáši Bendovi za skvělé rady a instrukce k práci s GIS.

Návrh metodického konceptu umístění nové pobočky s využitím GIS a kvantitativních metod

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá tvorbou konceptu podpory rozhodování o místě vzniku nové kamenné prodejny, která využívá vícekriteriální analýzy variant a geografického informačního systému.

První část shrnuje teorii nezbytnou pro praktickou část. Vychází z odborných publikací, článků a dalších zdrojů i elektronického charakteru a je rozčleněna do čtyř částí – první popisuje operační výzkum jakožto vědní obor, druhá jednu z jeho subdisciplín – vícekriteriální analýzu variant, třetí geografický informační systém a čtvrtá Voroného teselaci.

Praktická část představuje firmu prodávající elektroniku a rozhodovací problém, jež je názorně řešen jako úloha vícekriteriální analýzy variant, ve které je množina všech obcí České republiky množinou výchozích variant, ze kterých je vybrána ta s největším užitkem při zvolených kritériích demografické a ekonomické podstaty.

V závěrečné kapitole jsou shrnuty výsledky a především je představeno základní schéma doporučovaného postupu. Výslednou obcí je konkrétně Kyjov s jeho 11 448 obyvateli. Dopady jeho případného začlenění mezi obce s již existující pobočkou jsou spolu s její spádovou oblastí popsány.

Klíčová slova: ArcGIS, ArcMap, geografický informační systém, rozhodování, vícekriteriální analýza variant, Voroného diagram

Proposal of Methodical Concept for Company Branch Location with the Use of GIS and Quantitative Methods

Abstract

This thesis focuses on creating decision-making support for finding a new brick-and-mortar branch location with the use of multi-criteria analysis and a geographic information system.

The first part summarizes the theory necessary for the practical part. It's based on scholarly publications, articles and other sources of electronic substance and is divided into four sections – operations research as a field of science, multi-criteria analysis, geographic information system, and Voronoi tessellation.

The practical part introduces an electrical appliance retail company and a decision-making problem that is solved as a multi-criteria analysis issue. In this case a set of all Czech municipalities is a set of default variants from which the one having the highest utility with given demographic and economic criteria is chosen.

The results are summarized in the final chapter and the general recommended method is then put forward. The resultant municipality is Kyjov with its 11 448 inhabitants. Impacts of its hypothetical incorporation into the set of municipalities of existing branches are described alongside its catchment area.

Keywords: ArcGIS, ArcMap, decision-making, geographic information system, multi-criteria analysis, Voronoi diagram

Obsah

1 Úvod 1

2 Cíl práce a metodika 2

2.1 Cíl práce 2

2.2 Metodika 2

3 Teoretická východiska 4

3.1 Operační výzkum 4

3.1.1 Podstatné znaky 7

3.1.2 Vznik a vývoj 8

3.1.3 Dělení operačního výzkumu 9

3.2 Modely vícekriteriální analýzy variant 11

3.2.1 Metody stanovení vah kritérií 12

3.2.2 Vybrané metody výběru kompromisních variant 14

3.3 Geografický informační systém 17

3.3.1 Historie GIS 18

3.3.2 Základní komponenty GIS 20

3.3.3 Geografická data 21

3.3.4 Firma Esri a její produkty 22

Voroného diagram 24

3.3.5 Základní pojmy a definice 24

3.3.6 Delaunayho triangulace 25

3.3.7 Konstrukce Voroného diagramu 27

3.3.8 Použití 30

4 Vlastní práce 31

4.1 Představení společnosti 31

4.2 Charakteristika problému 31

4.3 První scénář – zaměření se na konkurenci 32

4.3.1 Fáze intelligence 32

4.3.2 Fáze Design 47

4.3.3 Fáze Choice 48

4.4 Druhý scénář – zaměření se na zákazníka 50

4.4.1 Fáze intelligence 50

4.4.2 Fáze Design 54

4.4.3 Fáze Choice 55

4.5 Třetí scénář – komplexní řešení 57

4.5.1 Fáze intelligence 57

4.5.2 Fáze Design 58

4.5.3 Fáze Choice 58

5 Výsledky a diskuse 60
5.1 Navrhovaný postup 63
6 Závěr 65
7 Seznam použitých zdrojů 66
8 Přílohy 69

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Fáze při aplikaci operačního výzkumu 6
Obrázek 2 - Ukázka Fullerova trojúhelníku (preference zvýrazněny tučně) 13
Obrázek 3 - Hierarchická struktura úlohy vícekriteriální analýzy variant 16
Obrázek 4 - Čtyřúrovňová hierarchická struktura VAV 16
Obrázek 5 - Zjednodušené schéma struktury GIS 21
Obrázek 6 - Hierarchie typů geografických dat 22
Obrázek 7 - Voroného diagram – terminologie 25
Obrázek 8 - Delaunayho triangulace 26
Obrázek 9 - Vztah Delaunayho triangulace a Voroného diagramu 27
Obrázek 10 - Inkrementální metoda 28
Obrázek 11 - Algoritmus rostoucích regionů 28
Obrázek 12 - Fortunův algoritmus 29
Obrázek 13 - Spojení levého a pravého Voroného diagramu 30
Obrázek 14 - Obce – body (ArcČR® 500) a Kraje – polygony (ArcČR® 500) 33
Obrázek 15 - Obce splňující první podmínku 34
Obrázek 16 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 10 km od existujících poboček 35
Obrázek 17 - Obce splňující první i druhou podmínku 36
Obrázek 18 - Obce splňující první, druhou i třetí podmínku 37
Obrázek 19 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 10 km od existujících poboček 37
Obrázek 20 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 30 km od dálnic a rychlostních silnic 38
Obrázek 21 - Obce splňující první, druhou, třetí i čtvrtou podmínku 39
Obrázek 22 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 4 km od železničních stanic 40
Obrázek 23 - Obce splňující všechny podmínky 40
Obrázek 24 - Voroného diagram existujících poboček 42
Obrázek 25 - Voroného diagram s Vlašimí 43
Obrázek 26 - Spádové oblasti potenciálních poboček a selekce jim příslušních obcí 44
Obrázek 27 - Vzdálenost potenciálních poboček od nejbližších poboček konkurenta A 46
Obrázek 28 - Výsledný Voroného diagram 62
Obrázek 29 - Navrhovaný postup 63

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Počet obyvatel v polygonech 45
Tabulka 2 - Vzdálenost od konkurentů A, B a C 46
Tabulka 3 - Vzdálenost od konkurentů D, E a F 47
Tabulka 4 - První scénář – Kriteriální matice.....48
Tabulka 5 - První scénář – váhy kritérií 48
Tabulka 6 - První scénář – Ideální a bazální varianta.....48
Tabulka 7 - První scénář – Standardizovaná kriteriální matice.....49
Tabulka 8 - První scénář – Matice užitku.....49
Tabulka 9 - První scénář – Seřazení variant dle užitku 50
Tabulka 10 - Doba trvání dopravy ze skladu.....51
Tabulka 11 - Index závislosti v kraji 52
Tabulka 12 - Průměrná mzda v kraji 53
Tabulka 13 - Druhý scénář – Kriteriální matice 54
Tabulka 14 - Druhý scénář – Váhy kritérií.....54
Tabulka 15 - Druhý scénář – Ideální a bazální varianta 55
Tabulka 16 - Druhý scénář – Standardizovaná kriteriální matice 55
Tabulka 17 - Druhý scénář – Matice užitku 56
Tabulka 18 - Druhý scénář – Seřazení variant dle užitku.....56
Tabulka 19 - Třetí scénář – Kriteriální matice 58
Tabulka 20 - Třetí scénář – Váhy kritérií 58
Tabulka 21 - Třetí scénář – Standardizovaná matice 59
Tabulka 22 - Třetí scénář – Matice užitku.....59
Tabulka 23 - Třetí scénář – Seřazení variant dle užitku.....60
Tabulka 24 - Charakteristiky kyjovské varianty.....61

1 Úvod

Každá komerční firma poskytující služby skrze vlastní kamenné pobočky musela v některé fázi svého vývoje čelit rozhodování o lokalitě budoucí pobočky. Bylo by tedy vhodné využít dostupných dat a nástrojů k vytvoření rozhodovacího aparátu, který by nasměroval vedení společnosti na obce, které by jí z hlediska zisku a konkurenceschopnosti přinášely největší užitek.

Na předmětný problém lze nahlížet jako na záležitost vícekriteriální analýzy variant, tedy optimalizační disciplíny, která pomáhá vybrat nejvhodnější z výchozích variant, za které je možné v tomto případě považovat veškeré obce v cílové oblasti.

Lze předpokládat, že rozhodovatelé společnosti by v takové situaci považovali za užitečné i např. informace o blízkosti konkurenčních poboček a počtu obyvatel v nejbližším okolí pobočky. Tyto a jim podobné údaje by firmě umožnily vytvořit konkurenční výhodu ve strategickém umístění pobočky takovým způsobem, aby byla co nejvíce vzdálena konkurenci a zároveň pokryla oblast s co největším počtem potenciálních zákazníků. K získaní takových dat je vhodný data mining pomocí geografických informačních systémů.

Práce se zaměřuje na návrh možného postupu vytvoření právě takové podpory rozhodování.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je vytvoření podpory rozhodování při zakládání nové pobočky firmy. Výsledkem je ucelený návrh postupu použití GIS a kvantitativních metod k nalezení varianty nebo souboru variant, které při stanovených kritériích přinášejí největší užitek. Doporučovaný postup je v práci názorně použit k řešení případové studie.

2.2 Metodika

Teoretická část slouží k popisu a výčtu znalostí a metod potřebných k vyřešení vytyčeného problému. Mezi ně patří operační výzkum, vícekriteriální analýza variant, geografické informační systémy a Voroného teselace.

V praktické části je sestavován samotný návrh metodiky umístění nové kamenné prodejny na příkladu firmy CZC.cz, se kterou však autor nijak nespolupracuje. Veškerá použitá data o firmě a jejích pobočkách jsou veřejně dostupná.

Páteří návrhu metodiky je vícekriteriální analýza variant, která je pro znázornění důležitosti volby kritérií provedena pro tři oddělené scénáře. Přípustné varianty pro všechny tři scénáře jsou získány filtrací množiny obcí pomocí prvotních podmínek. Ta je uskutečněna v ArcMapu, který dokáže filtrovat nejen podle atributů, ale i podle umístění.

První podmínka omezuje výchozí množinu na obce, které mají minimálně 10 000 obyvatel. To je zajištěno selekcí těch bodů, jejichž atribut splňuje podmínku POCET_OBYV>=10000.

Druhá podmínka zajišťuje, aby do vícekriteriální analýzy variant nevstoupila obec nacházející se v blízkosti již existující pobočky. Nástrojem Buffer jsou vytvořeny oblasti 10 km okolo existujících poboček. Poté je provedena selekce podle umístění, která vybere obce nacházející se vně těchto kruhů.

Třetí podmínka omezuje množinu na body nacházející se minimálně 20 km od poboček nejsilnějšího konkurenta. To je provedeno obdobně jako druhá podmínka – pomocí nástroje Buffer a selekce podle umístění.

Čtvrtá a pátá podmínka je řešena taktéž podobně. Obě zajišťují dopravní dostupnost obce, přičemž čtvrtá z hlediska silniční dopravy – obec musí být vzdálena maximálně 30 km

od dálnic – a pátá z hlediska železniční – obec musí být vzdálena maximálně 4 km od železniční stanice. Budou tedy vybrány obce nacházející se uvnitř Bufferem vytvořených oblasti. Veškeré body splňující všech pět podmínek vstupují do vícekriteriální analýzy variant třech scénářů.

První scénář se zaměřuje na konkurenci – je v něm zapojeno kritérium počtu novou pobočkou ovlivněných obyvatel a kritéria vzdáleností od poboček šesti největších konkurentů. Druhý scénář se zaměřuje na ekonomicko-demografický aspekt výběru místa pro pobočku, proto ke kritériu počtu novou pobočkou ovlivněných obyvatel přidává kritérium indexu závislosti a průměrné hrubé mzdy v kraji a času dopravy ze skladu. Třetí scénář zapojuje veškerá kritéria z předešlých dvou. Každý ze scénářů je rozdělen na Simonovy fáze rozhodování.

Nově založená pobočka vytváří spádovou oblast pro určitou množinu obyvatel. Data pro výpočet pobočkou zasažených obyvatel jsou získána tzv. Voroného teselací, která je v ArcMapu prováděna nástrojem Create Thiessen Polygons. Ten vytvoří příslušnou spádovou oblast, ve které jsou selekcí podle umístění vybrány jí náležící obce, jejichž součet obyvatel udává kýžený údaj o pobočkou zasažených obyvatelích.

V ArcMapu jsou vypočtena i data pro kritéria vzdáleností od poboček šesti různých konkurentů. Použit je nástroj Generate Near Table, který pro dvě vstupní množiny bodů vytvoří matici nejkratších vzdáleností mezi nimi.

Data pro kritéria index závislosti a průměrná hrubá mzda v krajích jsou veřejně dostupná na stránkách Českého statistického úřadu. Data kritéria doby trvání dopravy ze skladu jsou získána z Google Maps.

Váhy jsou stanoveny bodovací metodou a jelikož jsou veškeré informace kardinální podstaty, je pro výběr kompromisní varianty použita metoda váženého součtu.

Vypočtené řešení třetího scénáře je popsáno a poté je představeno schéma doporučovaného postupu řešení typově stejných problémů.

3 Teoretická východiska

3.1 Operační výzkum

Operační výzkum nikdy nebyl lehce definovatelným oborem. Zahrnuje mnoho disciplín z několika vědních oborů k řešení komplexních problémů. Operational Research Society ze Spojeného království podává následující definici: „*Operační výzkum je aplikace vědních metod na komplexní problémy vznikající ve vedení a managementu velkých systémů lidí, strojů, materiálů a financí v průmyslu, obchodu, vládě a obraně. Jeho charakteristický přístup spočívá ve vývoji vědního modelu systému, který obsahuje velikosti faktorů, jakými jsou například šance a risk, se kterými předpovídá a porovnává výsledky alternativních rozhodnutí, strategií nebo kontroly. Záměrem je pomoci managementu vědecky určit jejich strategii a činnosti* (Duckworth aj. 1977, s. 1)."

Jablonský (2002) definuje operační výzkum jako „*vědní disciplínu nebo spíše jako soubor relativně samostatných disciplín, které jsou zaměřeny na analýzu různých typů rozhodovacích problémů.*"

Problém definování operačního výzkumu spočívá v použití takového jazyka, aby definici porozuměli všichni čtenáři. Pokud by byl jazyk definice příliš přesný v popisu konkrétních vlastností, tím spíše by byl odmítnut sociologem, matematikem, ekonomem atd., a to do takové míry, do které nepoužívá sémanticky správně pojmy z jeho disciplíny. Dalším problémem definice operačního výzkumu je skutečnost, že jej nelze popsat bez popisu nástrojů, které obsahuje. Avšak při popisu nástrojů se může zdát, že je pouze jakýmsi seskupením mnoha technik a metod, které jsou mnohdy zdánlivě těžko oddělitelné od těch manažerských, tedy se může jevit zbytečné zakládat novou samostatnou vědní disciplínu (Duckworth aj. 1977, s. 2).

Operační výzkum dokáže analyzovat dostupné informace nejen z pohledu ekonoma, manažera, produkčního inženýra či fyzika, dokáže na řešený problém nahlížet s pravou vědeckou objektivitou a určit, která informace je relevantní, určit, která informace má na základě zkušenosti kauzální vztah s předmětnou situací, určit, kde informace neexistuje a pokud nemůže být doplněna, zaznamenat její absenci apod. Cílem operačního výzkumu je porozumět systémům, aby mohly být snadno ovladatelné (Duckworth aj. 1977, s. 3).

Každý systém analyzovaný prostřednictvím operačního výzkumu je analyzován jeho základním nástrojem, tj. matematické modelování. Přestože je model zjednodušením

zkoumaného systému, vyznačuje se modelování řadou výhod, Jablonský (2002) uvádí tyto čtyři:

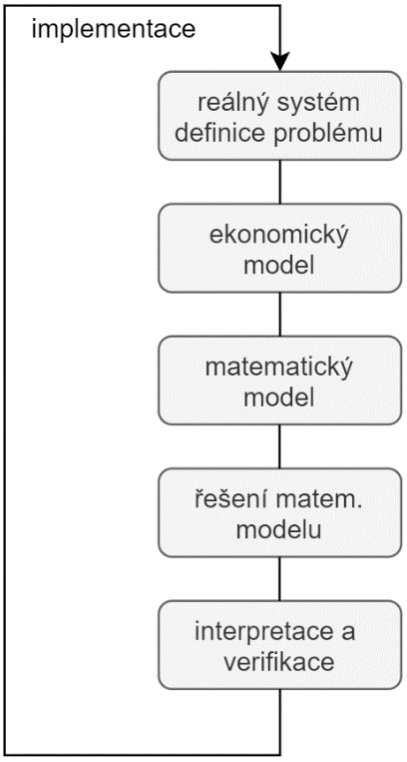
- modelování umožňuje vytvoření strukturování systému a specifikování všech rozličných stavů, ve kterých se může vyskytnout a kterých může být nespočet,
- modelování poskytuje rychlý náhled do chování systému pomocí simulace situací, do kterých by sám dospěl za neporovnatelně dlouhou dobu,
- modely umožňují experimentování pomocí úpravy vstupních parametrů,
- experimentování a simulace pomocí modelů může být nákladné, avšak vždy úspornější než experimentování s reálným systémem.

Aplikace přístupu operačního výzkumu probíhá v několika základních fázích (Jablonský 2002, s. 10–13):

1. Identifikace a definice problému reálného systému – v tomto kroku je podstatné určit vedoucí pracovníky schopné pojmenovat problém, odhadnout nutné prostředky pro jeho analýzu a vytvořit skupiny expertů, kteří se na ní budou podílet.
2. Formulování ekonomického modelu – reálný systém je vždy natolik složitý, že jej nejde dokonale popsat modelem. Ekonomický model je zjednodušeným popisem zkoumaného systému, přičemž popisuje pouze jeho podstatné prvky a vazby a obsahuje cíl analýzy a popis procesů a jejich činitelů.
3. Formulování matematického modelu – tj. formulování modelu takovým způsobem, aby byl řešitelný standardními postupy. Matematický model obsahuje stejné prvky jako model ekonomický, avšak jejich podstata je matematická.

4. Samotné řešení matematického modelu – k němu se používá mnohých postupů a technik vyvinutých v dílčích odvětvích operačního výzkumu. Ty jsou dnes většinou dobře implementovány v optimalizačním softwarovém vybavení.
5. Interpretace a verifikace výsledků – výsledky bez interpretace jsou nepoužitelné a pokud nejsou verifikovány ověřením ekonomického a matematického modelu, nedá se na ně spolehnout, a tedy nemusí být použitelné pro závěrečnou fázi implementace.
6. Implementace řešení – pokud výsledky úspěšně prošly verifikací, mohou být aplikovány v analyzovaném systému. Implementace výsledků by měla vést ke zlepšení fungování systému.

Obrázek 1 - Fáze při aplikaci operačního výzkumu



Zdroj – Jablonský 2002, s. 11

Americký ekonom Herbert Alexander Simon rozdělil rozhodovací proces do čtyř fází (Markovic 2021):

1. **Intelligence** – v této fázi probíhá zkoumání prostředí, problému a případně i předešlých implementací jeho řešení. Problém je zde klasifikován a rozkládán na dílčí části.
2. **Design** – hlavním cílem této fáze je vytvořit model, který reprezentuje systém, definovat kritéria a hledat možné způsoby řešení problému.
3. **Choice** – v této části probíhá samotný výběr řešení problému, tj. mnohdy volba nejlepší alternativy.
4. **Implementation** – implementace řešení může být úspěšná, či neúspěšná. Úspěšná vyřeší problém, neúspěšná rozhodovatele vrací do předchozí fáze.

3.1.1 Podstatné znaky

Sharma (2017) uvádí následující čtyři základní druhy přístupů příznačné pro operační výzkum při řešení jakýchkoliv problémů:

- **Interdisciplinární přístup** je často zásadní k nalezení řešení problému manažerského rozhodování, ve kterém se jednotlivec málokdy vyzná ve všech aspektech zkoumaného systému, které mohou nabývat psychologického, sociálního, politického, ekonomického nebo inženýrského rozměru. Proto je nutné sestavit tým odborníků specializovaných v mnoha oblastech.
- **Vědecký přístup** se skládá z pozorování a definování problému, formulování hypotézy a jejího následného testování a analyzování výsledků testu. Vypočítaná data poslouží k rozhodnutí skutečnosti, zda má být hypotéza přijata, či odmítnuta. Pokud je přijata, výsledky by měly být implementovány.
- **Holistický přístup**. Tým expertů musí vnímat systém, do kterého bude řešení implementováno, jako celek. Musí vnímat, jaké následky přinese implementace do všech částí systému a jestli nebude v rozporu s jejich zájmem.

- **Cílově orientovaný přístup** spočívá ve směřování pozornosti při vytváření nových řešení na celkový cíl nebo cíle organizace, které mohou být popisovány různými kritérii.

3.1.2 Vznik a vývoj

Vznik operačního výzkumu jako vědní disciplíny se nedá jednoznačně určit, většinou se však spojuje s druhou světovou válkou, při které bylo třeba spravovat a alokovat nedostatkové zdroje. Nicméně první model operačního výzkumu může být sledován do doby první světové války, ve které se Thomas Edison pokusil najít řešení k minimalizaci ztrát způsobených nepřátelskými ponorkami, aniž by riskoval skutečné lodě. Zhruba ve stejnou dobu vytvořil dánský inženýr A. K. Erlang experimenty ke studiu proměnlivosti poptávky po telefonických zařízeních používajících zařízení pro automatické vytáčení. Podobné experimenty byly posléze použity jako základ pro vývoj teorie hromadné obsluhy (Sharma 2017, s. 2).

Jelikož druhá světová válka vytvářela velmi sofistikované strategické a taktické problémy, nebylo realistické očekávat řešení od expertů jedné disciplíny. Proto vznikaly týmy složené z expertů jednotlivých disciplín jako ekonomie, statistika a teorie pravděpodobnosti a inženýrství, aby se vypořádaly se těmito problémy. Takové týmy poprvé vznikaly v britském Královském letectvu a později byly zakládány i v amerických ozbrojených silách. Jedním z nich byl Blackett's Circus – úspěšná skupina pod vedením profesora P. M. S. Blacketta napojená na jednotku radarového operačního výzkumu, jejíž úkolem byla analýza souřadnic radarového zařízení (Sharma 2017, s. 2–3).

Po druhé světové válce se vědci podílející se na vojenském operačním výzkumu snažili použít dosud vyvinutý přístup k řešení civilních problémů týkajících se ochodu, průmyslu, výzkumu atd. Následující tři faktory zapříčinily následné uznání užití přístupů operačního výzkumu a jeho obrovský dosavadní rozvoj (Sharma 2017, s. 3):

1. Růst ekonomiky a průmyslu způsobil automatizaci, mechanizaci a decentralizaci operací. Tato industrializace vyžadovala řešení nových manažerských problémů, a tudíž byly zpopularizovány nástroje pro podporu rozhodování operačního výzkumu.
2. Vývoj výzkumu pokračoval i po válce. V roce 1947 vytvořil americký matematik George Dantzig koncept lineárního programování, tj. koncept

nalézání řešení pomocí tzv. simplexového algoritmu. Mimo to byly rozvinuty i další metody jako statistická kontrola kvality, dynamické programování a teorie front.

3. Využívání výkonných počítačů umožňovalo efektivně aplikovat metody operačního výzkumu k řešení skutečných problémů v rozhodování.

Maňas (1991) uvádí následující seznam letopočtů vzniku základních disciplín operačního výzkumu:

- 1939 – Strukturní analýza
- 1944 – Teorie her
- 1946 – Simulační modely
- 1947 – Lineární programování
- 1951 – Modely hromadné obsluhy
- 1951 – Nelineární programování
- 1951 – Modely řízení zásob
- 1957 – Dynamické programování
- 1957 – Síťová analýza, řízení projektů
- 1970 – Vícekriteriální optimalizace

3.1.3 **Dělení operačního výzkumu**

Jelikož jsou problémy řešené operačním výzkumem velmi různorodé, vznikla potřeba po jejich klasifikaci, která dala vzniku následujícím devíti relativně samostatným disciplínám (Jablonský 2002, s. 13–17):

Matematické programování

Problém řešený matematickým programováním patří do speciální skupiny rozhodovacích problémů, ve kterých se rozhodovatel zabývá efektivním využitím omezených zdrojů, aby bylo dosaženo stanovených cílů. Původ matematického programování lze sledovat do osmnáctého století, ve kterém se ekonomové snažili popsat ekonomické systémy s využitím matematických pojmů (Sinha 2006, s. 1–2).

V úlohách matematického programování se hledá extrém daného kritéria, které je definováno kriteriální funkcí o n proměnných. Extrémy jsou hledány z množiny variant

vymezené soustavou omezujících podmínek. Takový matematický model je možno zapsat následovně (Jablonský 2002, s. 13–14):

Kriteriální funkce (maximalizační, nebo minimalizační):

$$z = f(x_1, x_2, \ldots, x_n) \tag{1}$$

Omezující podmínky:

$$\begin{aligned} g_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) &\geq 0 \\ g_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) &\geq 0 \\ g_3(x_1, x_2, \ldots, x_n) &\geq 0 \\ &\vdots \\ g_m(x_1, x_2, \ldots, x_n) &\geq 0 \end{aligned} \tag{2}$$

Podmínky nezápornosti:

$$x_j \geq 0, j = 1,2, \ldots, n, \tag{3}$$

kde *n* je počet proměnných, *m* počet omezujících podmínek.

Vícekriteriální rozhodování

Modely vícekriteriálního rozhodování nabízí postup výběru kompromisní varianty z množiny výchozích přípustných variant. Používají se na situace, ve kterých je třeba se rozhodnout podle více kritérií, která mohou být i protichůdná (Fábry 2011, s. 127).

Mezi disciplíny operačního výzkumu patří také teorie grafů, teorie zásob, teorie hromadné obsluhy, modely obnovy, Markovovy rozhodovací procesy, teorie her a simulace. Jelikož ale nesouvisí s náplní práce, nejsou dále rozvedeny.

3.2 **Modely vícekriteriální analýzy variant**

Vícekriteriální analýza variant vytváří modely, které slouží jako podpora pro rozhodování v situacích, ve kterých je nutné buď vybrat jednu či více variant z jejich konečné množiny $\mathbf{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, vytvořit uspořádání variant od „nejlepší" po „nejhorší", nebo varianty klasifikovat, tj. rozčlenit je do několika tříd. Varianty jsou posuzovány podle kritérií z matice $\mathbf{F} = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$. Pokud je hodnocení variant kvantifikováno pomocí jednotlivých kritérií, je možné a vhodné údaje zanést do kriteriální matice **Y** (Brožová aj. 2003, s. 4–5, Fábry 2011, s. 128):

$$\mathbf{Y} = \begin{array}{c} \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} f_1 & f_2 & \cdots & f_n \end{array} \\ \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{array} \tag{4}$$

Brožová aj. (2007, s. 88–89) dělí kritéria následovně:

- Dělení podle povahy kritérií:
  - minimalizační – nejlepší varianty nabývají u těchto kritérií vysokých hodnot,
  - maximalizační – nejlepší varianty nabývají u těchto kritérií nízkých hodnot.
- Dělení podle kvantifikovatelnosti kritérií:
  - kvantitativní (objektivní) – varianty u nich mají měřitelné údaje,
  - kvalitativní (subjektivní) – hodnoty variant musí být odhadnuty uživatelem dle jeho subjektivního soudu.

Pro efektivní práci s kriteriální maticí je nutné převést kritéria takovým způsobem, aby byla všechna buď maximalizační, nebo minimalizační. K tomu se používají následující dva způsoby (Šubrt a kol. 2015, s. 151):

- „*vynásobení celého sloupce kriteriální matice hodnotou -1, transformace* $y'_{ij} = -y_{ij}$,

- *výpočet hodnot, které udávají zlepšení oproti nejhorší kriteriální hodnotě, transformace* $y'_{ij} = -y_{ij} - \max(y_{ij})$.“

V každé úloze vícekriteriální analýzy variant je nutné určit preference mezi kritérii, které mohou být vyjádřeny aspiračními úrovněmi kritérií, pořadím kritérií, váhami kritérií, mírou substituce mezi kriteriálními hodnotami, nebo nemusí být vyjádřeny vůbec. Stanovení aspiračních úrovní kritérií explicitně nepopisuje vztahy mezi kritérii, avšak implicitně z něj vyplývají. Dá se totiž předpokládat, že čím přísnější je aspirační úroveň, tím je kritérium důležitější. Stanovením pořadí kritérií získává rozhodovatel ordinální informaci, tedy informaci o seřazení kritérií od nejméně důležitého po nejvíce důležité. Váhy kritérií vyjadřují kardinální informaci o relativní důležitosti jednotlivých kritérií pomocí hodnot z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$, jejichž součet je roven jedné. Míry substituce mezi kriteriálními hodnotami stanovují způsob kompenzace kriteriálních hodnot. Nízké ohodnocení jednoho kritéria je pak možno vyrovnat vyšším ohodnocením jiných kritérií (Šubrt a kol. 2015, s. 152).

Podstatným pojmem vícekriteriální analýzy variant je dominovanost variant. Varianta je nedominována, pokud neexistuje žádná jiná varianta, která by jí dominovala. Je to tedy případ, ve kterém je dominující varianta nejvhodnějším kompromisem mezi jednotlivými kritérii, proto se nazývá variantou kompromisní. Taková varianta má nejmenší vzdálenost od tzv. ideální varianty, která je imaginární variantou složenou z nejlepších hodnot ve všech kritériích, a největší vzdálenost od tzv. bazální varianty, která se naopak skládá z nejhorších hodnot ve všech kritériích (Fábry 2011, s. 128).

3.2.1 **Metody stanovení vah kritérií**

Metody stanovení vah kritérií mohou být jednoduchým nástrojem rozhodovatele pro získání vah v numerické podobě. Snaží se stanovovat odhady vah na základě subjektivních informací získaných od rozhodovatele (Jablonský 2002, s. 274).

Metoda pořadí

Metoda pořadí vyžaduje po rozhodovateli, aby pouze seřadil kritéria od nejméně důležitého po nejvíce důležité. Nejdůležitějšímu je pak přiřazena hodnota *k*, druhému nejdůležitějšímu *k*-1 atd., kde *k* je počet kritérií. Odhad váhy kritérií lze získat následujícím vzorcem, ve kterém p_i označuje hodnotu přiřazenou *i*-tému kritériu (Jablonský 2002, s. 275):

$$v_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^{k} p_i}, \tag{5}$$

Metoda Fullerova trojúhelníku

Při této metodě je rozhodovateli předloženo trojúhelníkové schéma, ve kterém jsou zaneseny všechny dvojce kritérií, ve kterých musí vybrat, např. zakroužkováním, to důležitější (v případě ekvivalence vybere obě) (Jablonský 2002, s. 275).

Obrázek 2 - Ukázka Fullerova trojúhelníku (preference zvýrazněny tučně)

Y_1	**Y_1**	Y_1	Y_1	**Y_1**
Y_2	Y_3	**Y_4**	**Y_5**	Y_6
	Y_2	**Y_2**	**Y_2**	**Y_2**
	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
		Y_3	Y_3	**Y_3**
		Y_4	**Y_5**	**Y_6**
			Y_4	**Y_4**
			Y_5	Y_6
				Y_5
				Y_6

Zdroj – Jablonský 2002, s. 275

Pokud by byl počet zakroužkovaných (zvýrazněných) hodnot označen p_i pro *i*-té kritérium, váhy kritérií by byly získány vzorcem (5).

Bodovací metoda

Při bodovací metodě si rozhodovatel stanoví bodovou stupnici (např. 0 až 10), ze které ohodnocuje důležitost jednotlivých kritérií. Čím je kritérium důležitější, tím větší počet (p_i) bodů získá. Odhad vah bude znovu získán ze vztahu (5) (Jablonský 2002, s. 275).

Saatyho metoda

Je metoda kvantitativního párového porovnávání kritérií, při které se používá stupnice (Získal, Havlíček 2010, s. 31–32):

1 – rovnocenná kritéria *i* a *j*

3 – slabě preferované kritérium *i* před *j*

5 – silně preferované kritérium *i* před *j*

7 – velmi silně preferované kritérium *i* před *j*

9 – absolutně preferované kritérium *i* před *j*

Je možné používat i mezistupně, tedy hodnoty 2, 4, 6 a 8. Rozhodovatel porovná každou dvojici a zapíše velikost preference do Saatyho matice S = (s_{ij}) (Brožová aj. 2003, s. 16):

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1n} & 1/s_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \tag{6}$$

Pro výpočet vah kritérií se většinou nejprve používá geometrický průměr řádků Saatyho matice:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} S_{ij}} \tag{7}$$

Z něj se přímo vypočítají váhy normalizací hodnot b_i:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^{n} b_i} \tag{8}$$

3.2.2 Vybrané metody výběru kompromisních variant

Metod pro stanovení kompromisní varianty je mnoho. Mezi nejpoužívanější z nich patří metoda váženého součtu, AHP, PROMETHEE, ELECTRE, TOPSIS, metoda funkce užitku a další. Níže jsou popsány dvě z nich – metoda váženého součtu a metoda AHP.

Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu (angl. Weighted Sum Approach) je metoda vyžadující kardinální informace, vektor vah kritérií a kriteriální matici **Y**. Vytváří hodnocení každé z variant, a tím je umožňuje vzájemně porovnat, zvolit tu nejvýhodnější nebo případně varianty seřadit od nejlepší po nejhorší (Šubrt a kol. 2015, s. 171).

Metoda váženého součtu je založená na maximalizaci užitku. Užitek je vyjádřen hodnotou z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$, přitom užitek nejlepší varianty je roven jedné, nejhorší varianta má užitek nula. Užitek ostatních variant se pak pohybuje mezi nimi. Před výpočtem užitků je třeba nejprve přepočíst prvky y_{ij} na nové hodnoty představující užitek varianty a_i podle vztahu (Jablonský 2002, s. 280):

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}, \tag{9}$$

kde D_j značí ohodnocení bazální varianty a H_j ohodnocení ideální varianty.

Celkový užitek je poté vypočítán ze vztahu:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^{m} v_j y'_{ij}, \tag{10}$$

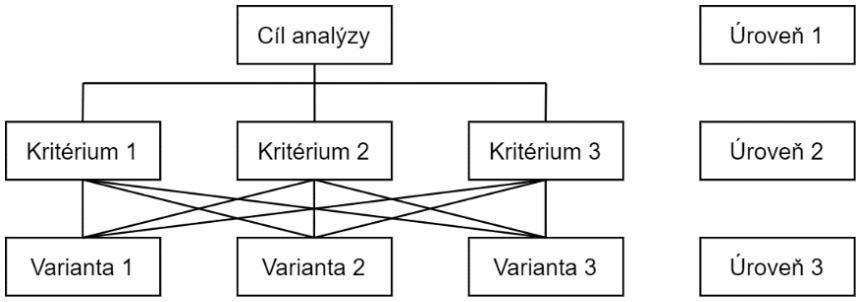
Metoda AHP

Metoda AHP (Analytic Hierarchy Process) je metoda navržená profesorem Thomasem Saatym s cílem zjednodušit a urychlit přirozený rozhodovací proces. AHP rozkládá složité situace na jednodušší části. Na každé úrovni struktury používá metodu kvantitativního párového porovnání k přiřazení kvantitativních charakteristik jednotlivým komponentám, které odrážejí jejich důležitost. Vhodná varianta je vybrána na základě syntézy získaných preferencí. Podstatné je určit směr a intenzitu preferencí mezi porovnávanými páry. Šubrt a kol. (2015) uvádí tři následující kroky AHP:

- *„konstrukce hierarchie problému,*
- *párové porovnávání prvků v jednotlivých hierarchických úrovní,*
- *syntéza získaných preferencí a volba nejvýhodnější alternativy.“*

Typická úloha vícekriteriální analýzy variant může mít následující tříúrovňovou hierarchii:

Obrázek 3 - Hierarchická struktura úlohy vícekriteriální analýzy variant

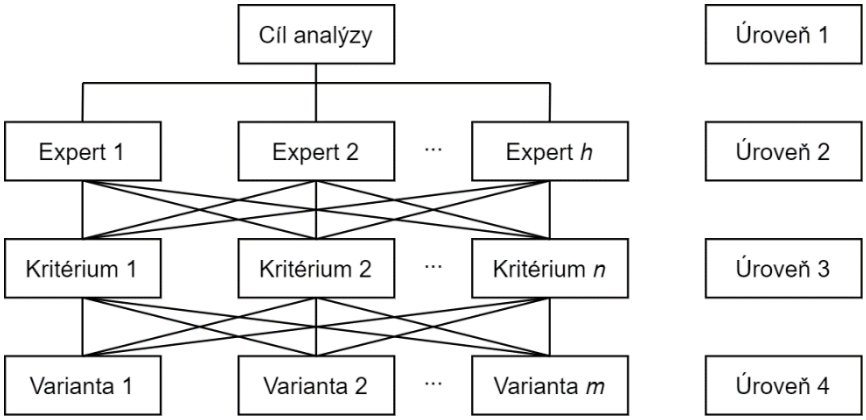


Zdroj – Šubrt a kol. 2015, s.174

Složitější úlohy mohou mít mezi variantami a kritérii ještě úroveň subkritérií a pokud se na hodnocení podílí více hodnotitelů (expertů), je mezi cíl analýzy a kritéria vložena úroveň hodnotitelů (Brožová aj. 2007, s. 96).

Schéma rozšířené hierarchické struktury na *h* expertů, *n* kritérií a *m* variant vypadá následovně:

Obrázek 4 - Čtyřúrovňová hierarchická struktura VAV



Zdroj – Brožová aj. 2007, s. 96

Pomocí výpočtů v maticích párového porovnávání ohodnocení variant si varianty „přerozdělují“ váhu daných kritérií. Celkové uspořádání variant je vytvořeno součtem všech dílčích hodnocení variant podle kritérií (Brožová aj. 2007, s. 97).

3.3 Geografický informační systém

Geografické informační systémy (dále jen GIS) se staly rozšířeným nástrojem pracovišť kartografů, geologů, geodetů, marketérů, archeologů a stavebních inženýrů. Každý z těchto druhů uživatelů si může GIS individuálně přizpůsobit svému zaměření, které se nadto mění v čase. Někteří autoři v 90. letech zařazovali do definice GIS i manuální systémy. Proto je problematické jednoznačně určit definici GIS. Dvě z nich jsou uvedeny níže (Voženílek 1998, s. 5).

„*GIS je systém lidí a technických a organizačních prostředků, který provádí sběr, přenos, uložení a zpracování údajů za účelem tvorby informací vhodných pro další využití v geografickém výzkumu a jeho praktických aplikacích* (Konečný 1985)."

„*GIS je organizovaný, počítačově založený systém hardwaru, softwaru a geografických informací vyvinutý ke vstupu, správě, analytickému zpracování a prezentaci prostorových dat s důrazem na jejich prostorové analýzy* (Voženílek 1998, s. 7)."

Geografický informační systém není však pouhým nástrojem tvorby map, je přednostně nástrojem pro analýzu geografických dat. GIS neukládá data do map, ale do struktur, ze kterých lze konkrétní mapy s konkrétním účelem generovat (Voženílek 1998, s. 8).

J. Albrecht (1995) představuje devět oblastí užívání GIS, z nichž pouze šestá je obvykle vnímaná jako typický GIS:

1. formulace úkolů, problémů a definice informačních produktů,
2. odhadování zisků a nákladů,
3. odvozování metod a potřeb funkcí GIS,
4. stanovování metod kontroly kvality výstupů a stanovování parametrů,
5. stanovování přístupů a zdrojů dat,
6. uskutečňování GIS operací a realizování GIS metod,
7. ohodnocení výsledků,
8. tvorba detailních zpráv k řízení projektů, datových zdrojů, výstupů, zapojených procesů atd.,
9. archivování dat a analýz.

Pechanec (2006, s. 22) dělí postup implementace GIS do tří základních horizontů:

1. analytický
    - analýza současného stavu,
    - analýza historické podoby, změn a jejich dopadů,
    - analýza dynamických změn,
2. syntetický
    - vytváření modelů vývojových tendencí,
    - hledání potenciálních rizikových oblastí rizik a střetů,
3. praktický
    - hledání alternativního řešení pro management.

Aplikace GISů jsou takřka neomezené. Zde je výčet těch nejdůležitějších (Pechanec 2006, s. 22):

- sledování poškození lesů a vývoje ekosystémů lesů,
- sledování přírodních zdrojů,
- vytváření modelů dopadů znečištění a přírodních katastrof,
- sledování stavu ovzduší,
- monitorování změny schopnosti retence krajiny,
- ochrana ohrožených druhů
- sledování vlivu nových způsobů využití krajiny,
- monitorování ekologické stability krajiny.

3.3.1 **Historie GIS**

Vývoj GISů začal přirozeně s vývojem mikroprocesorů, síťového propojení mezi počítači a obecně s vývojem uživatelsky dostupných počítačů s grafickým výstupem. Před přehlednými uživatelskými rozhraními, tabulkovými procesory, textovými editory a databázemi mohli GISy obsluhovat pouze nákladně zaškolení programátoři na velmi nákladných strojích (Voženílek 1998, s. 20).

Historický vývoj GISů člení Voženílek (1998, s. 22–29) do čtyř základních etap:

1. etapa – pionýrské období – počátek 60. let až rok 1973

V tomto období byl velmi klíčový vliv vůdčích institucí a osobností na poli GISů. Samotné používání termínu geografický informační systém se váže na tuto etapu.

Rozvoj mnoha vědních oborů dopomohl ke vzniku GISů. Některými z nich byly např. regionální vědy, počítačové technologie, statistika, kartografie, antropologie, geografie, ekonomické geografie aj. Paralelně v nich vznikaly tři základní stavební kameny budoucích GISů:

- statistické a databázové systémy,
- analytické systémy (zejména nástroje prostorové analýzy),
- systémy pro zobrazení geografických dat a další metody zobrazování prostorových dat.

V 50. a 60. letech vzniklo mnoho projektů, které konsolidovaly potřebu vzniku jednotného systému pro správu, analýzu a výstup geografických dat:

- první tematické mapy v předpovědi počasí a meteorologii,
- armáda USA vytvořila systém pro převod radarových údajů do jednoduchého počítačem generovaného obrazu,
- první geografický informační systém (CGIS) vyvinut v Kanadě k monitorování půd, lesů, využití země aj.,
- na půdě Iowské univerzitě byly vyvinuty první analytické nástroje pro potřeby GISů,
- vznik systému SYMAP, který poté na dlouhou dobu udával směr v průkopnictví GISů,
- začala počítačová revoluce v podobě sálových počítačů,
- v roce 1969 byla založena americká firma ESRI

2. etapa – první GISy – od roku 1973 až do počátku 80. let

V této době začaly systémy pracovat na osobních minipočítačích, tedy na počítačích, pro které majitel nemusel mít dedikovanou místnost, či dokonce celou budovu. Tyto stroje byly uživatelsky přívětivé a byly cílené na koncového zákazníka, který mohl prostorová data zpracovávat v tabulkových procesorech bez apriorních programovacích dovedností.

V 70. letech nastal největší rozvoj GISů a poprvé se k nim mohla dostat i veřejnost a komerční firmy, které je pozměňují, redistribuují, nebo přímo vytváří vlastní. Takovým způsobem vznikl první grafický systém pro americkou vládu nebo například ARC/INFO, tj. jeden z prvních vektorových systémů od společnosti ESRI. Silným katalyzátorem vývoje GISů tohoto období byla skutečnost, že se na trh dostaly paměti a pevné disky s vyšší kapacitou a rychlejší procesory.

3. etapa – komercionalizace GISů – od roku 1982 do konce 80. let

V 80. letech na trh pronikly nové zobrazovací technologie jako monitory či tryskové plotry, které významně zlepšily kvalitu výstupů GISů. Nezanedbatelným hybatelem vývoje byla také integrace grafiky s databázovými principy. Systémy byly zároveň směřovány k lepší integraci dat z různých zdrojů a k využívání sítí typu LAN, avšak většina počítačů zůstává stále nepropojená. V této době vznikla řada velmi důležitých systémů, které umožňovaly interakci s grafikou – např. AutoCAD a MicroStation.

4. etapa – široká implementace GISů – od začátku 90. let

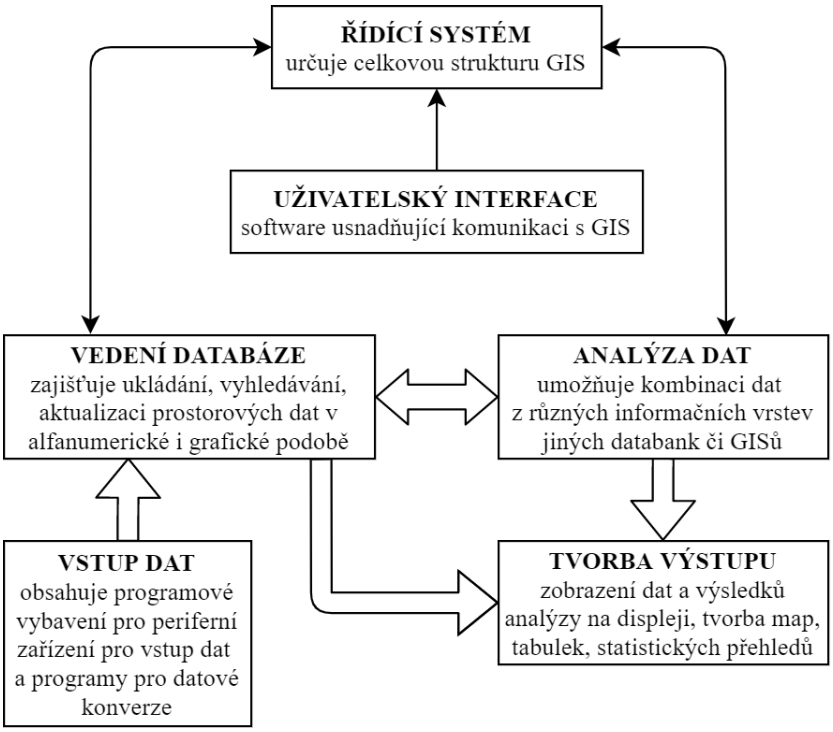
Tato etapa trvá dodnes a je pro ni příznačné propojení počítačů v celosvětové síti, tj. internetu, vznikající konkurence mezi společnostmi vyvíjejícími systémy a důraz na uživatelský přístup. GISy začínají s částečným zrušením embarga pronikat do střední a východní Evropy.

Uživatelský přístup se projevuje zejména v neomezování uživatele nemodulárními rozhraními, specifickými datovými formáty apod. Každý si tak může (v rámci možností) přizpůsobit pořízený systém svému vkusu a nárokům, a to často na noteboocích, které svým výkonem dokážou konkurovat stolním sestavám.

3.3.2 **Základní komponenty GIS**

Geografický informační systém umožňuje zobrazování, manipulaci a ukládání geografických dat. Je běžně složen z mnohých podsystémů, resp. modulů. Jejich struktura je znázorněna na následujícím schématu:

Obrázek 5 - Zjednodušené schéma struktury GIS



Zdroj – Tollingerová 1996, s. 10

Subsystémy převádí data do se systémem kompatibilní digitální formy (databáze), poté umožňují jejich konverzi a verifikaci. Analytické subsystémy poskytují možnost složitých operací s daty z databází, a tím mohou vytvořit nová data. Podsystémy tvorby výstupu převádějí data do uceleného upraveného celku. Uživatelský interface (rozhraní) přebírá uživatelův vstup a transformuje jej do strojového jazyka (Voženílek 1998, s. 63).

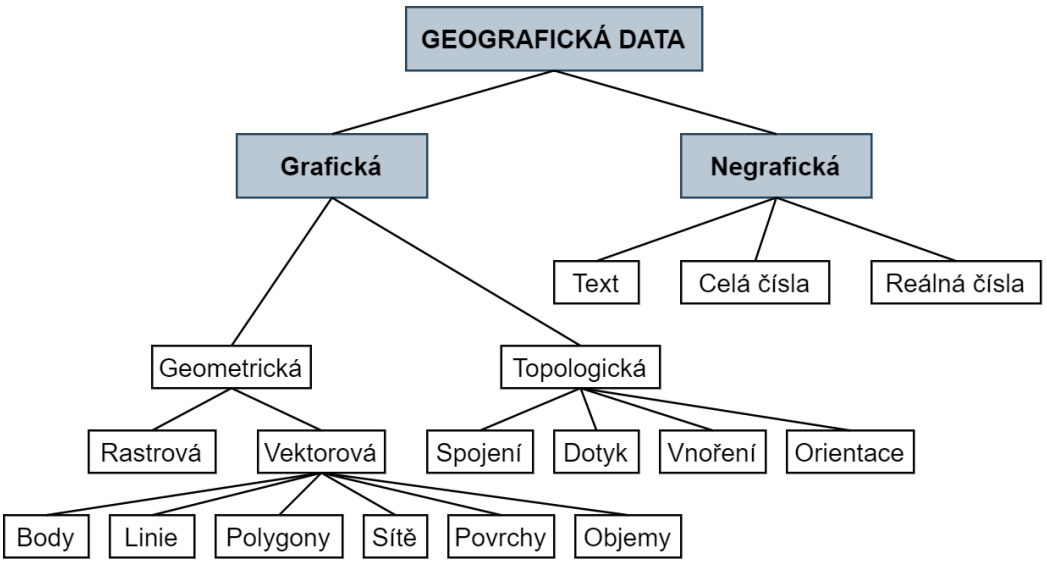
3.3.3 **Geografická data**

Geografická data, se kterými GISy pracují, jsou zvláštním případem prostorových dat, která se váží na zemské prostředí, resp. na prostředí konkrétní planety. Pokud jsou dvourozměrná, popisují zemský povrch či rovinu, pokud jsou trojrozměrná, mohou vyjadřovat i hloubku. Čtvrtý rozměr může potenciálně obsahovat údaj o čase (Klimešová 2001, s. 16).

Voženílek (1998) dělí data na grafická a negrafická. Negrafická data jsou neprostorová data, která mohou sloužit k popisu entit, proto jsou také nazývaná atributy.

Grafická data jsou vždy navázána na zvolený souřadnicový systém, ve kterém popisují umístění entit. Další dělení znázorněno na následujícím obrázku:

Obrázek 6 - Hierarchie typů geografických dat



Zdroj – Voženílek 1998, s. 87

3.3.4 **Firma Esri a její produkty**

Firma Esri (Environmental Systems Research Institute, Inc.) byla založena roku 1969 Jackem Dangermondem a jeho ženou Laurou. Jakožto konzultační firma využívala počítačové mapování a prostorovou analýzu k vytvoření podpory rozhodování pro územní plánování a správcování pozemkových zdrojů. Její ranná práce demonstrovala, jakým přínosem mohou být GISy při řešení problémů. Esri poté vytvořila mnoho nástrojů prostorové analýzy a mapování, které se používají dodnes (Esri, 2021).

Se zvyšováním výkonu počítačů Esri vylepšovala své softwarové nástroje. Práce na projektech řešících skutečné problémy přiměla společnost inovovat a vytvořit robustní nástroje a přístupy, které by nalezly široké využití. Výsledky vývoje si získaly uznání akademické půdy, která je považovala za nový způsob řešení plánování a prostorové analýzy. Při vzniku potřeby analyzovat stále vyšší množství projektů efektivnějším způsobem vyvinula Esri ARC/INFO – její první komerční software, který byl na trh uveden v roce 1981 a který odstartoval vývoj Esri jakožto softwarového vývojáře (Esri, 2021).

ArcView GIS 3.x

ArcView GIS 3.x je na koncové uživatele orientovaný geografický informační systém, který umožňuje snadnou práci s geografickými daty a jejich analýzu. Pro tento systém je příznačné zejména jeho intuitivní uživatelské rozhraní, široké možnosti ve vytváření map pomocí symbolů, volbě barevnosti, klasifikaci dat, podpoře komunikace mezi aplikacemi atd. Mimo očekávaných nástrojů disponuje ArcView GIS 3.x i mnohými funkcemi pro prostorovou analýzu (vyhledávání sousedících prvků, překryv a průnik ploch atd.) (Pechanec 2006, s. 49).

ARC/INFO 7.x

ARC/INFO 7.x je profesionální GIS. Poskytuje uživateli veškeré nástroje pro tvorbu, správu, modelování, analýzu geografických dat. Díky svému modulárnímu založení umožňuje maximální funkčnost a výkon (Pechanec 2006, s. 49).

ArcGIS 9.x

ArcGIS 9.x je geografický informační systém disponující výkonnými nástroji pro modelování, editaci, analýzu a správu dat. Pechanec (2006) jej považuje za nejkomplexnější software GIS na světovém trhu.

ArcGIS 9.x se skládá ze tří základních navzájem spolupracujících aplikací (Pechanec 2006, s. 50):

- **ArcMap** je centrální aplikací ArcGIS, která řídí průběh všech řešených úloh a analýz,
- **ArcCatalog** je aplikace spravující veškerá data, která umožňuje jejich filtraci, prohlížení i záznam,
- **ArcToolbox** je aplikace, která obsahuje nástroje pro prostorové operace.

Voroného diagram

3.3.5 Základní pojmy a definice

Voroného diagram je výsledkem tzv. Voroného teselace, někdy nazývaný také jako Voroného dekompozice či Dirichletova teselace, tj. podle metody, která dělí euklidovský prostor na oblasti příslušné výchozí množině bodů *S*. Pro jakýkoliv z bodů v rovině lze pak podle jeho příslušnosti k oblasti určit, k jakému z výchozích bodů má nejblíže (Aurenhammer 1991).

Vytvořené oblasti, konvexní polygony, popř. konvexní mnohostěny, se nazývají Voroného buňky a jejich specifická aplikace ve dvoudimenzionálním prostoru v geofyzice a meteorologii se nazývá Thiessenovy polygony podle amerického meteorologa Alfreda H. Thiessena (Thiessen 1911).

Nechť je $S = \{p_1, \ldots, p_n\}$ konečnou množinou bodů v euklidovském prostoru $\mathbf{R}^d$. Voroného buňka $V(p_i)$ náležící bodu p_i z množiny S je definována takto (Thiessen 1911):

$$V(p_i) = \{q \in \mathbf{R}^d \mid d(p_i, q) \leq d(p_j, q), i \neq j\} \qquad (11)$$

Kde $d(p, q)$ je euklidovská vzdálenost mezi bodem p a q, tedy vzdálenost popsatelná ve dvoudimenzionálním euklidovském prostoru rovnicí

$$d(p, q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2} \qquad (12)$$

kde p_1, p_2, q_1 a q_2 jsou souřadnice bodů p a q.

Bisektor je množina bodů, které jsou stejně vzdálené od dvou daných bodů. Pomocí bisektoru je Voroného buňka definována rovnicí

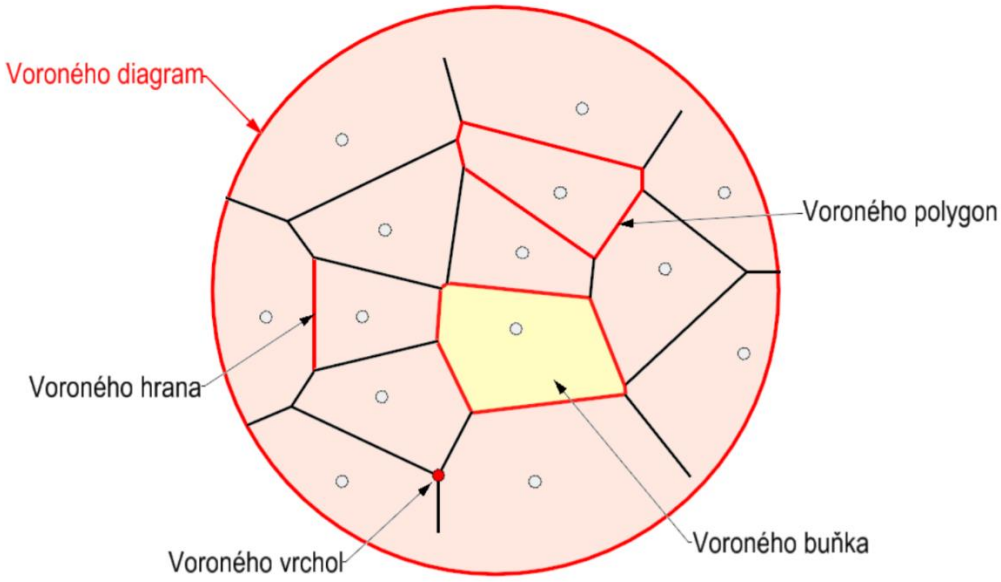
$$(p_i) = \bigcap_{j \neq i} h(p_i, p_j) \qquad (13)$$

Voroného diagram $V(S)$ je seskupením všech Voroného buněk, při čemž okrajové buňky mohou být neohraničené. Matematická definice Voroného diagramu vypadá následovně (Gallier 2009):

$$V(S) = \{V(p_i) \mid p_i \in S\} \qquad (14)$$

Základní prvky Voroného diagramu jsou popsány na následujícím obrázku.

Obrázek 7 - Voroného diagram – terminologie



Zdroj – Bayer 2020

3.3.6 **Delaunayho triangulace**

Triangulace ve dvoudimenzionálním prostoru je v geometrii označení rozdělení rovinného prostoru na trojúhelníky, které splňuje tyto podmínky (towardsdatascience.com):

- strany trojúhelníků neprochází žádnými jinými body než těmi, ze kterých vycházejí a ve kterých končí,
- žádné strany trojúhelníků se nekříží,
- všechny vytvořené polygony jsou trojúhelníky,
- spojení všech trojúhelníků je konvexní polygon.

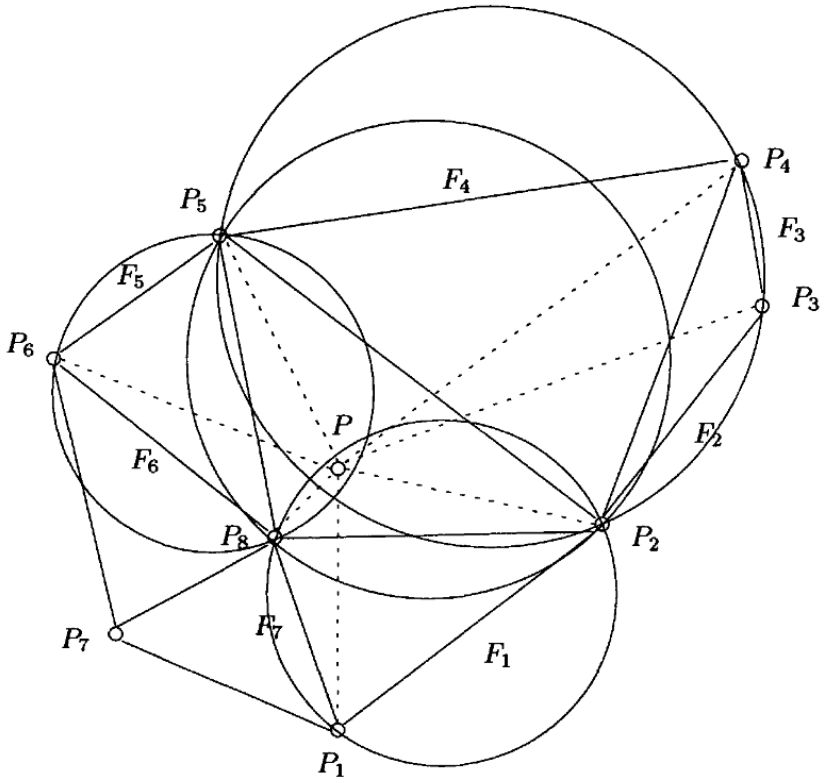
Delaunayho triangulace je speciálním typem triangulace, která splňuje tyto další podmínky (towardsdatascience.com):

- opsaná kružnice trojúhelníku neobsahuje žádný další bod,
- trojúhelník je vytvořen třemi nejbližšími body,
- výsledek triangulace musí být identický, ať už začíná kdekoliv,
- jestliže jsou diagonály konvexního čtyřúhelníku vytvořené dvěma přilehlými trojúhelníky zaměnitelné, budou vytvořeny ty dva trojúhelníky, které obsahují nejmenší úhel,

- odebrání, přidání nebo přesunutí vrcholu ovlivní pouze přilehlé trojúhelníky.

Z obrázku níže je zřejmé, že opsané kružnice vzniklých trojúhelníků neobsahují žádný další bod a že přidání dalšího bodu *P* ovlivní pouze přilehlé trojúhelníky (trojúhelníky $P_1P_7P_8$ a $P_6P_7P_8$ zůstávají nezměněné).

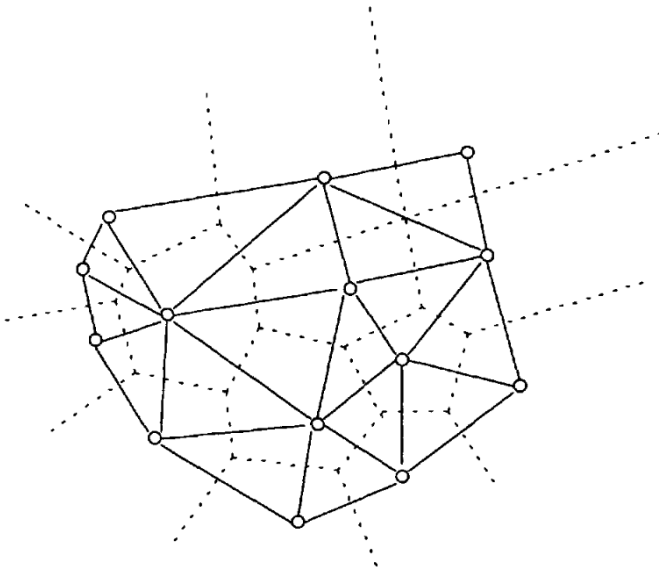
Obrázek 8 - Delaunayho triangulace



Zdroj – George, Borouchaki 1998

Delaunayho triangulace je niternou součástí některých metod získávání Voroného diagramů. Poté, co je provedena, strany polygonů Voroného diagramu vzniknou vytvořením kolmic ke středům stran vzniklých trojúhelníků. Tam, kde se kolmice protnou, vznikne Voroného vrchol (Gallier 2009, s. 144).

Obrázek 9 - Vztah Delaunayho triangulace a Voroného diagramu



Zdroj – George, Borouchaki 1998, s. 38

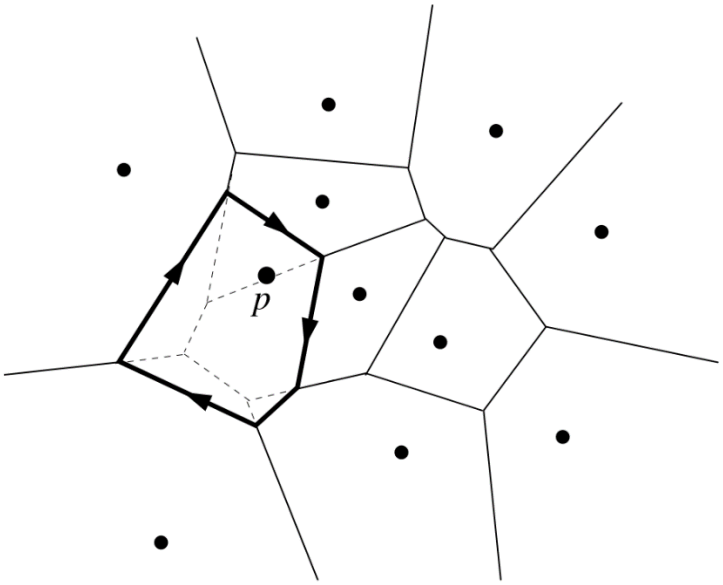
3.3.7 **Konstrukce Voroného diagramu**

Tato podkapitola tvoří jednoduchý přehled některých etablovaných způsobů vytváření Voroného diagramů.

Inkrementální metoda

Inkrementální metoda je jedna z nejdůležitějších, jelikož je ve své podstatě jednoduchá a její výpočetní složitost se dá snížit pomocí některých algoritmů. Konstrukce diagramu začíná s jediným bodem (tzn. jednou Voroného buňkou), ke kterému jsou ostatní body přidávány postupně vždy s pozměněním původní podoby diagramu. Nejprve je nutné zjistit, do jaké buňky nový pod náleží. Ta je poté rozdělena bisektorem buňky nové a původní. Tímto rekurzivním procesem dělení buněk bisektory vznikne vždy nová buňka. Složitost výpočtu (obzvlášť výpočtu průniků přímek, resp. rovin) lze podstatně snížit použitím Delaunayho triangulace, neboť je poté předem zřejmé, které ze stran (hran) vytvoření nového bodu zasáhne (Okabe 2000, s. 242–243).

Obrázek 10 - Inkrementální metoda

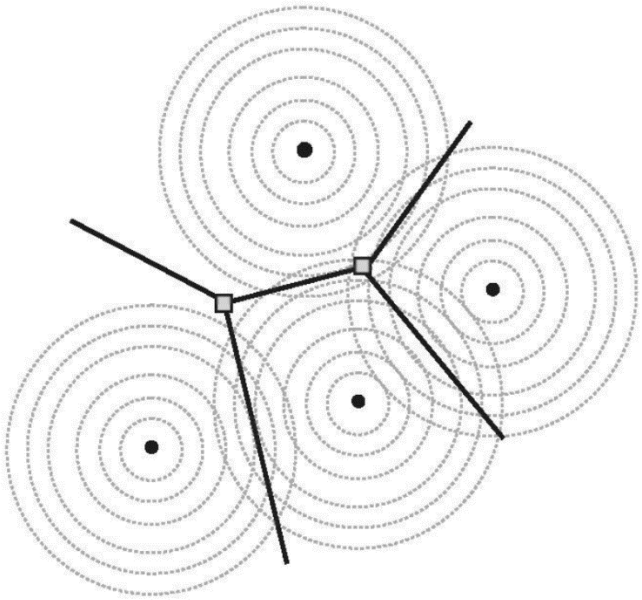


Zdroj – Aurenhammer 1991, s. 18

Algoritmus rostoucích regionů (crystal growth)

Pro použití nevhodnou avšak elegantně názornou metodou je algoritmus rostoucích regionů, který Voroného buňky generuje průniky postupně se zvětšujících kružnic (resp. koulí) se středem v množině výchozích bodů (Beneš 2006, s. 10).

Obrázek 11 - Algoritmus rostoucích regionů



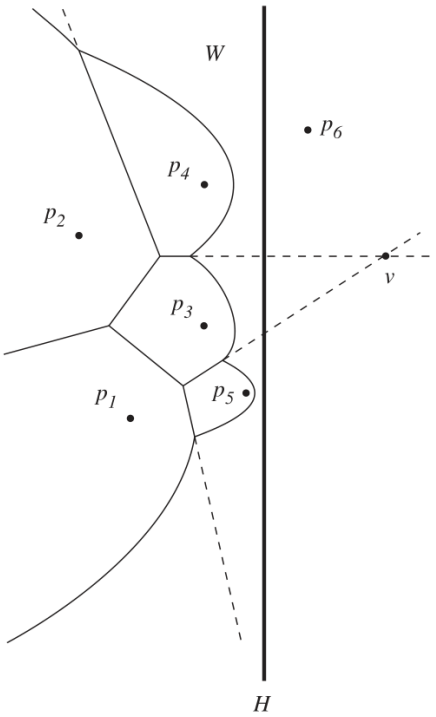
Zdroj – Beneš 2006, s 11

Fortunův algoritmus

Fortunův algoritmus či plane sweep označuje algoritmus konstrukce Voroného diagramů založené na „zametání“ roviny přímkou, která jí postupně prochází (zleva doprava) a označuje nově nalezené body, za kterými vytváří parabolické křivky, které svým postupným průnikem vytvářejí bisektory buněk (Aurenhammer 1991, s. 28).

Následující obrázek zobrazuje pozastavený Fortunův algoritmus. Nalevo od přímky *H* jsou vytvářeny strany polygonů setkávajícími se parabolami. Konvergence tvořených stran je naznačena přerušovanou čarou. Bod *v* značí místo, ve kterém by byl vytvořen Voroného vrchol náležící buňkám p_3, p_4 a p_5 v případě, že by jeho vzniku nebylo zamezeno generací polygonu nového bodu.

Obrázek 12 - Fortunův algoritmus



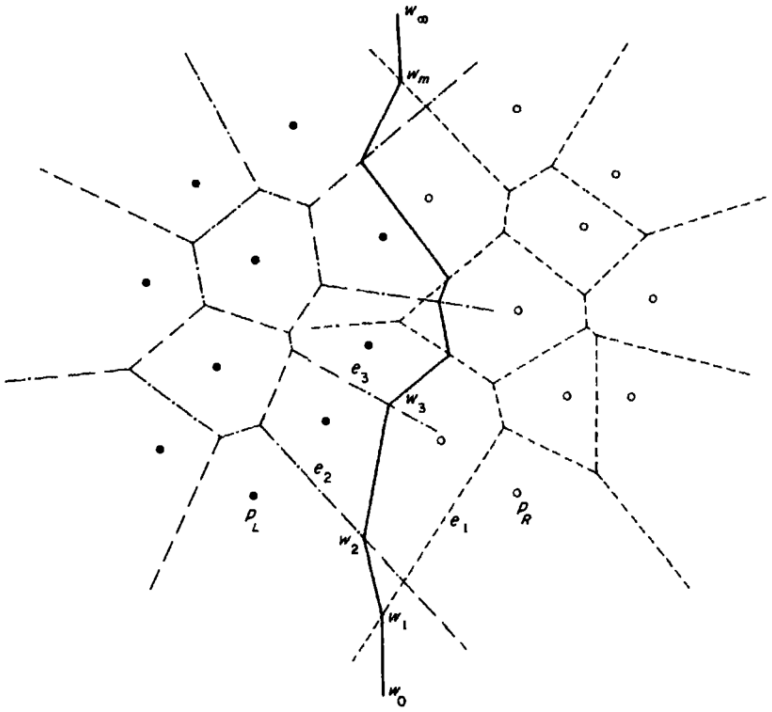
Zdroj – Aurenhammer 1991, s. 29

Metoda rozděl a panuj

Metoda rozděl a panuj bývá aplikována v mnoha algoritmických přístupech, obzvláště ve výpočetní geometrii. Spočívá v rozdělení problému na dílčí řešitelné části, které jsou po svém vyřešení sloučeny do řešení původního problému. První optimální řešení generace Voroného diagramu bylo založeno na této metodě (Klein 1989, s. 67).

Množina výchozích bodů je přímkou rozdělena na podmnožiny, které jsou stejným způsobem děleny do toho momentu, kdy v dílčích množinách zbývají dva nebo tři body. Pro ně jsou jednotlivé Voroného diagramy vytvořeny přímo. Poté zbývá dceřiné diagramy spojit do jednoho mateřského (Okabe 2000, s. 251).

Obrázek 13 - Spojení levého a pravého Voroného diagramu



Zdroj – Okabe 2000, s. 252

3.3.8 **Použití**

Voroného diagramy byly již v minulosti použity k určení tržní oblasti v závislosti na dopravních nákladech. Dále také ve studiu národní urbanizace, určení veřejného distribučního systému v Irsku, v archeologii k určení nalezišť; jiní výzkumníci je využili k určení nejvzdálenějšího místa od životu nepříjemných továren, k popisu růstu krystalů a shluků mýdlových bublin atd. Za zmínku také stojí jejich využití v biologii – zde mohou posloužit ke hledání tzv. tunelů v proteinech nebo zkoumání shlukování buněk (Okabe 2000, s. 133).

4 Vlastní práce

4.1 Představení společnosti

Firma CZC.cz představuje druhý největší internetový obchod s elektronikou na českém trhu. Byla založena třemi společníky v Praze v roce 1998. Dnes nabízí sortiment obsahující přes 65 000 IT druhů produktů.

Pomocí komplexního systému skladu a poboček je firma CZC.cz schopna dodávat zboží ve stejném, nebo následujícím dni objednávky zboží. Mezi její zákazníky patří školy, instituce, firmy, hráči, počítačoví nadšenci a domácí uživatelé. Předmětem jejího podnikání však není pouze prodej produktů, poskytuje také služby instalace a oprav elektrických strojů a přístrojů, telekomunikačních či elektronických zařízení.

CZC.cz je komerční společností. Jejím záměrem je maximalizace zisku z dlouhodobého hlediska. Je ochotná investovat do strategií, které jí udrží či zvýší konkurenceschopnost, a tedy i životaschopnost. Musí se rychle přizpůsobovat novým trendům a technologiím – nesmí zaostat za svými konkurenty, kteří by mohli inovacemi zaujmout její zákazníky.

4.2 Charakteristika problému

Firma musela v minulosti již mnohokrát řešit situaci, ve které bylo třeba vybrat lokalitu pro vznik nové pobočky. Při rozhodování, kdy lze vybírat z tolika variant, je vhodné využít analytických nástrojů, které výchozí množinu pročistí a zbylé varianty seřadí od nejlepší po nejhorší.

Pro tento účel slouží vícekriteriální analýza variant, ve které je množina všech obcí nacházejících se na požadovaném území výchozí množinou variant. Některá nezanedbatelná kritéria a podmínky, kterými může být množina obcí řazena a pročišťována, mohou být geografické podstaty, proto je třeba pro výpočet příslušných dat využít geografického informačního systému.

4.3 První scénář – zaměření se na konkurenci

Tento scénář simuluje situaci, ve které se vedení rozhodlo nesoustředit se na ekonomicko-demografický charakter obcí. Místo toho zaměřilo svoji pozornost na konkurenci.

4.3.1 Fáze intelligence

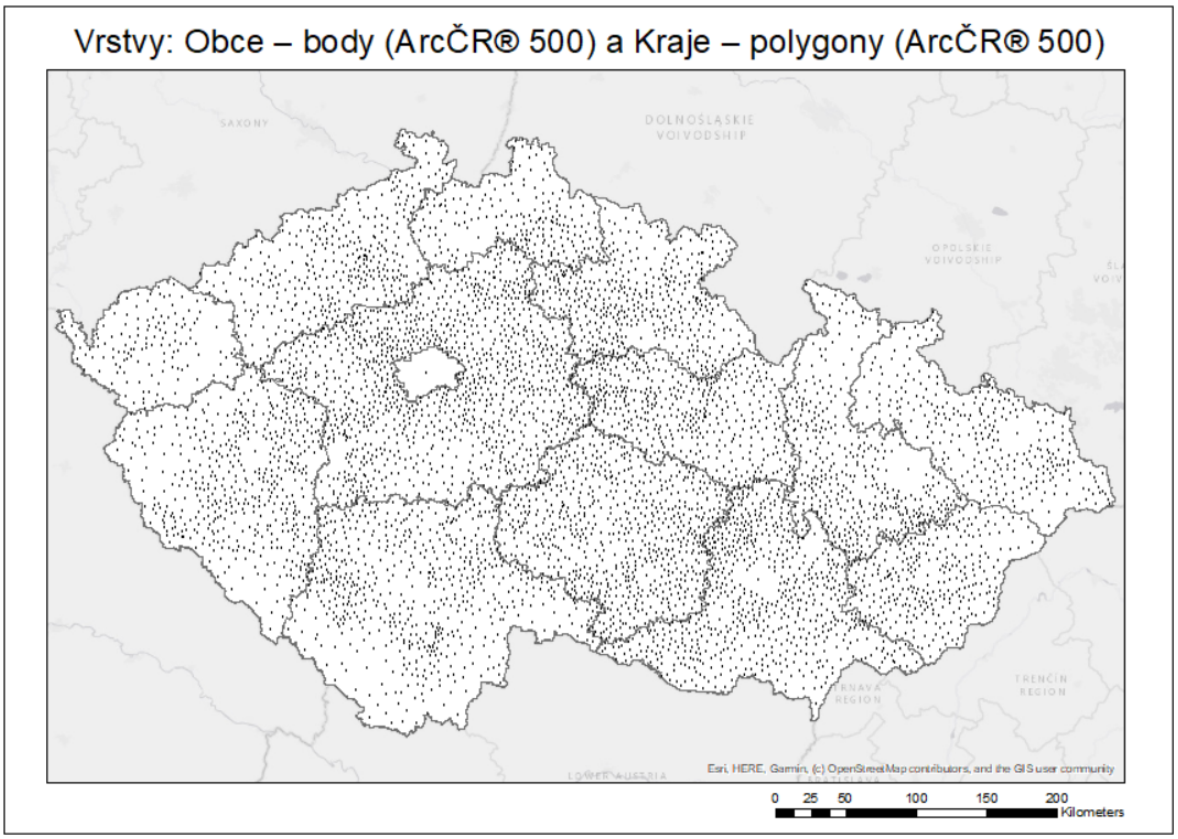
(Součástí fáze intelligence je představení společnosti a charakteristika problému, které jsou uvedené výše v kapitolách 4.1, 4.2 a platí pro všechny tři scénáře.)

Prvotní podmínky

Výchozí množinou variant jsou obce ve vrstvě Obce – body (ArcČR® 500), která jich obsahuje celkem 6 354. Tuto množinu můžeme redukovat pomocí prvotních podmínek, jež se mohou, ale nemusí shodovat s kritérii v pozdější vícekriteriální analýze variant. V tomto případě se shodovat nebudou. Na následujícím obrázku jsou zobrazeny vrstvy Obce – body (ArcČR® 500) a Kraje – polygony (ArcČR® 500) na podkladové mapě World Light Gray Canvas.

Veškeré mapy jsou v geografickém souřadnicovém systému WGS84 s projekcí Mercator Auxiliary Sphere a byly vytvořeny v programu ArcMap (v. 10.7.1.).

Obrázek 14 - Obce – body (ArcČR® 500) a Kraje – polygony (ArcČR® 500)



Zdroj – Vlastní zpracování

Vrstva Obce – body (ArcČR® 500) přiřazuje každému bodu další atributy, mezi které patří například název obce, počet obyvatel, míra nezaměstnanosti, počet sňatků a počet rozvodů. Nyní bude provedena prvotní filtrace pěti následujícími podmínkami:

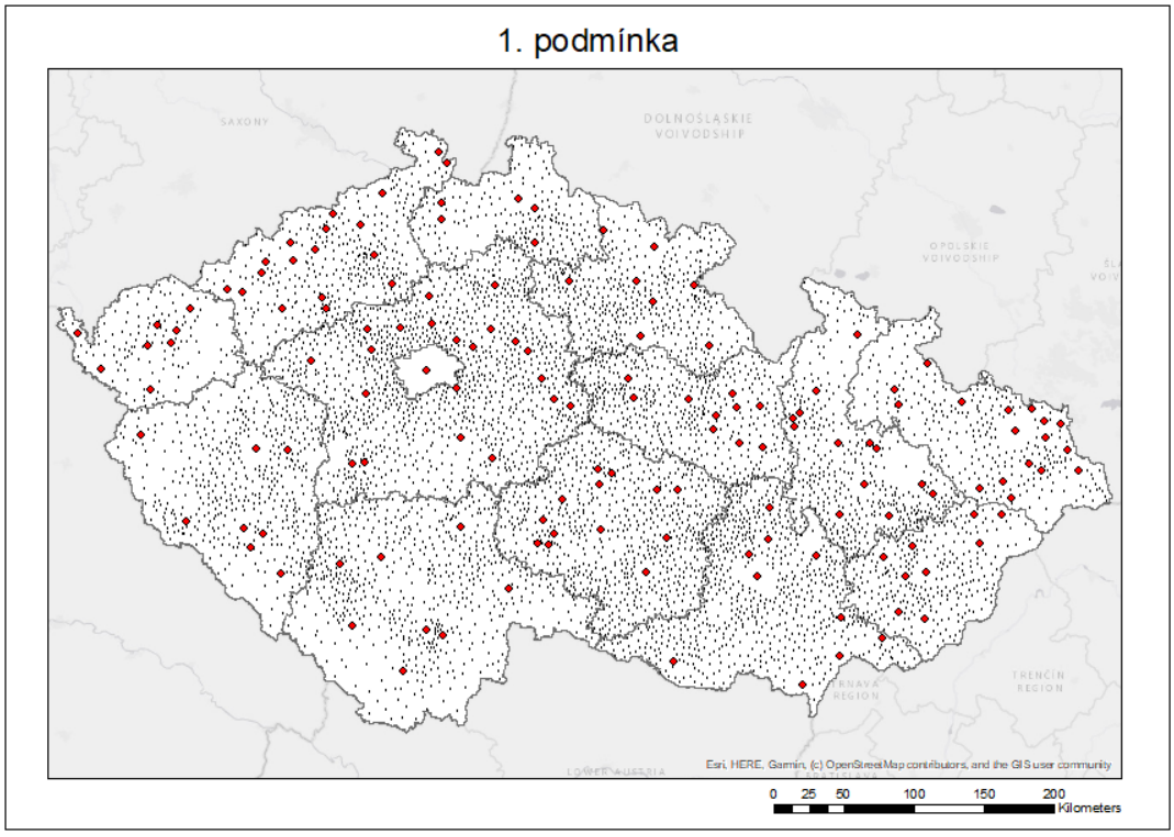
1. Obec musí mít minimálně 10 000 obyvatel

Stanovení hranice 10 000 obyvatel se opírá o množinu obcí již existujících poboček, ve které jsou jen tři pod hranicí 10 000 a ve které je průměrný počet obyvatel roven 70 898 a medián 25 836.

K omezení výchozí množiny obcí bude použita selekce podle atributů s podmínkou POCET_OBYV>=10000, kterou z 6 354 obcí splnilo pouze 149, tj. 2,345 %. Atribut POCET_OBYV obsahuje údaje k 1.1.2014.

Výsledná množina obcí je na následující mapě zvýrazněna červenými body (výchozí množina zobrazena menšími černými body).

Obrázek 15 - Obce splňující první podmínku



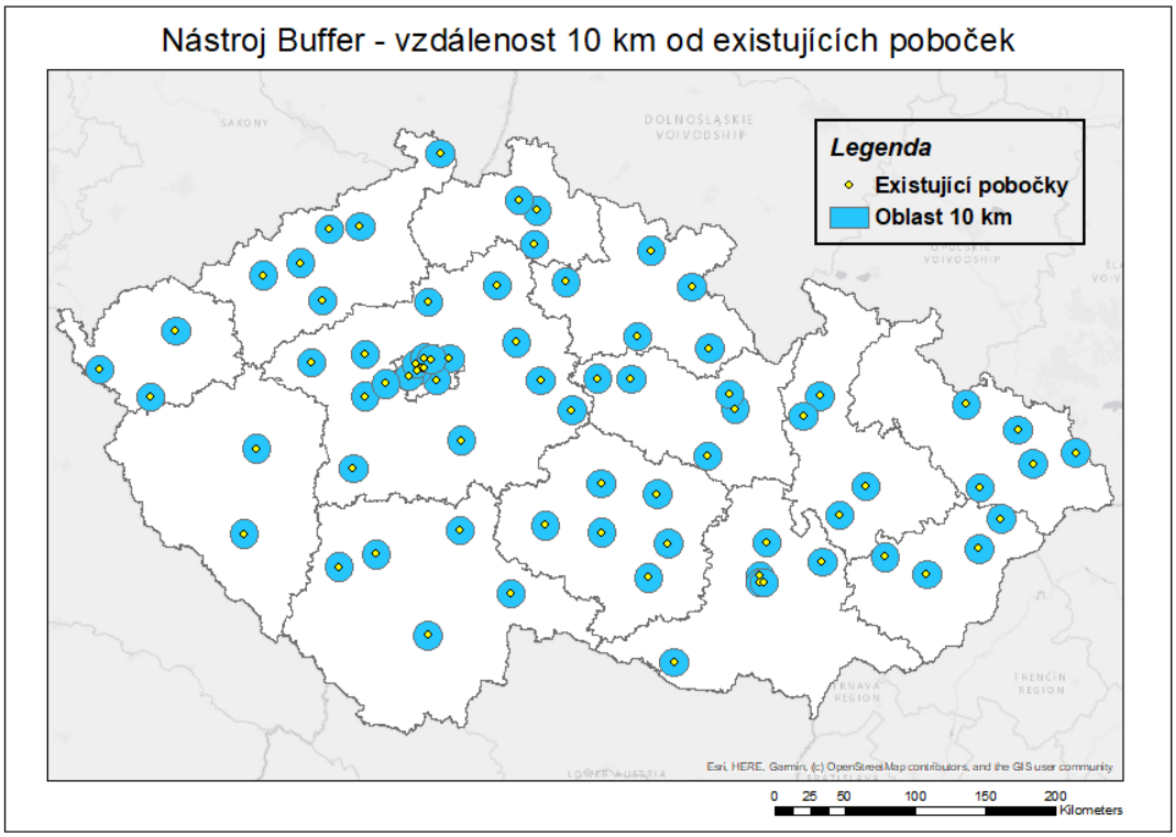
Zdroj – vlastní zpracování

2. Obec musí být vzdálena minimálně 10 km od již existujících poboček

Touto podmínkou je zabráněno, aby do vícekriteriální analýzy variant vstoupily obce, ve kterých již pobočky existují.

K dosažení nové množiny, která splňuje i druhou podmínku, je třeba vytvořit novou vrstvu obsahující oblast 10 km okolo existujících poboček. K tomu je použit nástroj Buffer, jenž okolo vstupních dat (bodů či polygonů) vytvoří polygony kružnic s poloměrem požadované vzdálenosti.

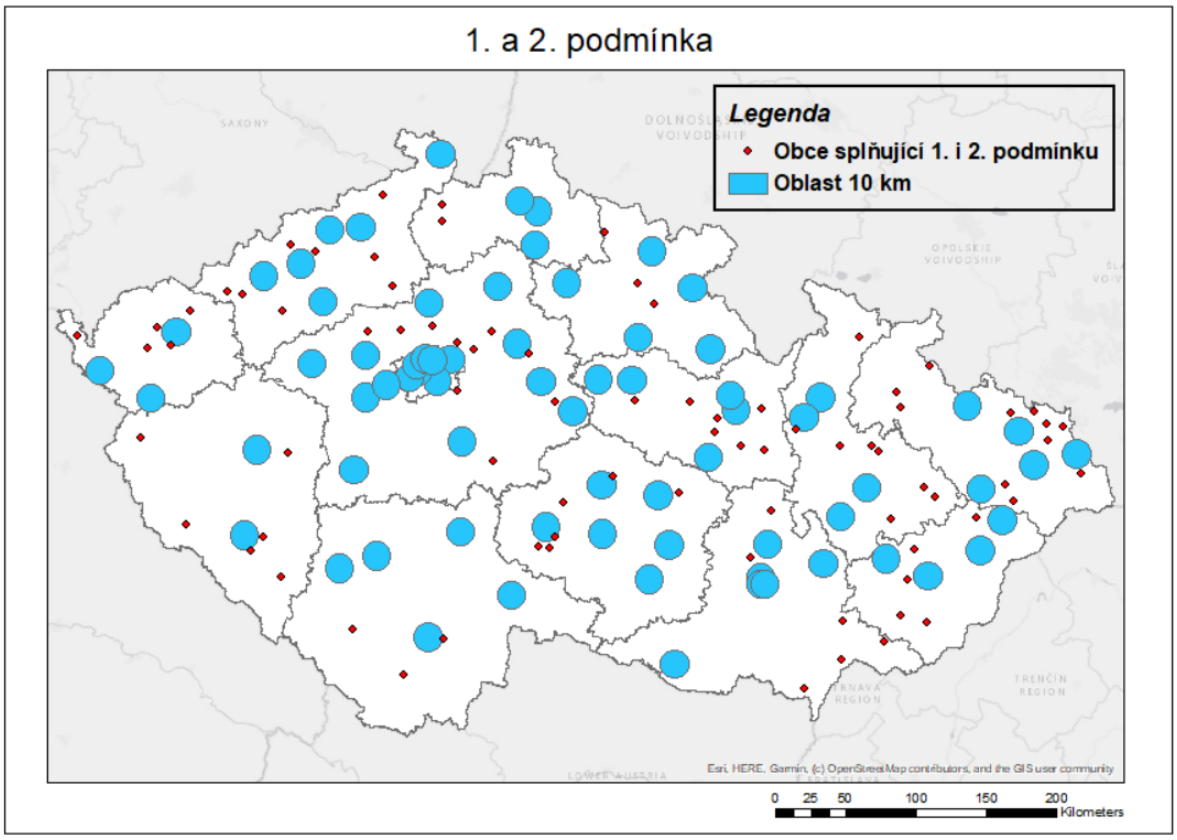
Obrázek 16 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 10 km od existujících poboček



Zdroj – vlastní zpracování

K určení obcí, které nespadají do vytvořené vrstvy, je použita selekce podle umístění – jsou vybrány veškeré body nacházející se uvnitř 10kilometrové vzdálenosti. Poté je selekce invertována a výsledná množina je uložena do samostatné vrstvy, která nyní obsahuje obce uspokojující obě prvotní podmínky.

Obrázek 17 - Obce splňující první i druhou podmínku



Zdroj – vlastní zpracování

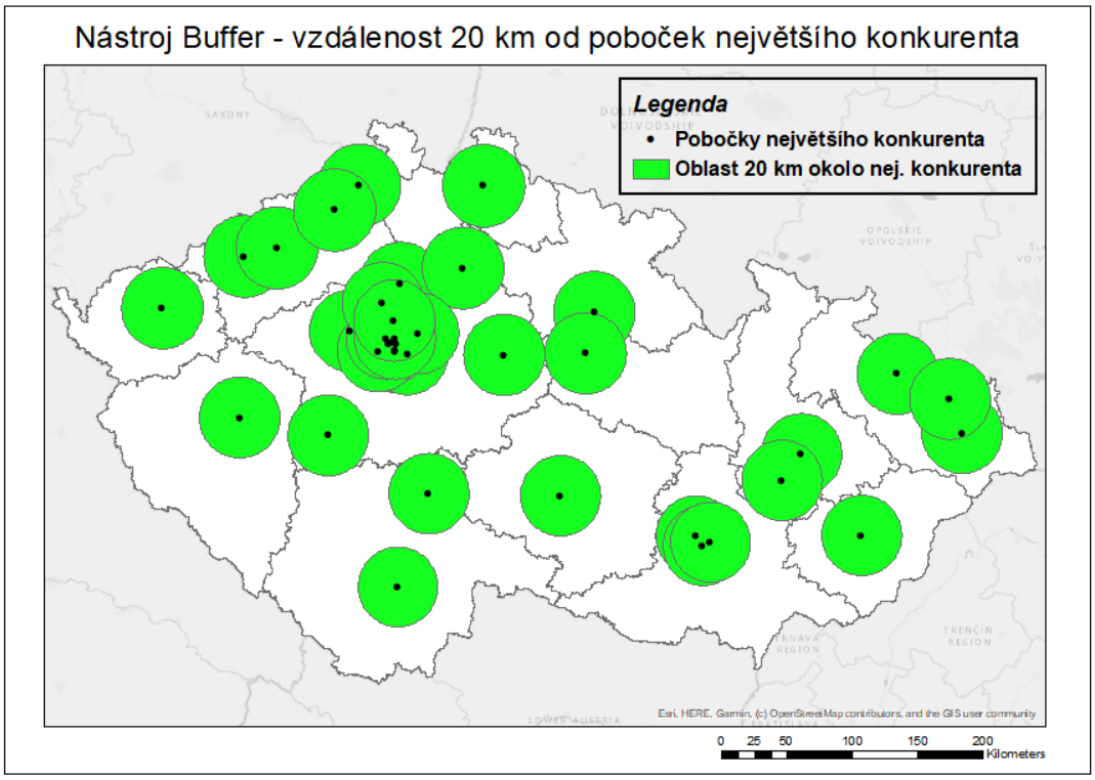
Ze vstupní množiny 149 obcí jich splnilo druhou podmínku 80, tj. 53,691 %.

3. Obec musí být vzdálena minimálně 20 km od poboček nejsilnějšího konkurenta

Nastavením této podmínky by rozhodovatel volil strategii cílení na konkurenční pobočkou neobsazený trh. Společnost by se v takovém případě snažila tamějším zákazníkům nabídnout služby, které od konkurence chybí. Tato podmínka se svou podstatou shoduje se druhým kritériem (konkurent A je jedničkou na trhu), slouží tedy jako aspirační úroveň, kterou je již v této fázi možné výrazně snížit počet variant, pro které bude při vícekriteriální analýze variant nutné vyhledat, či vypočíst data.

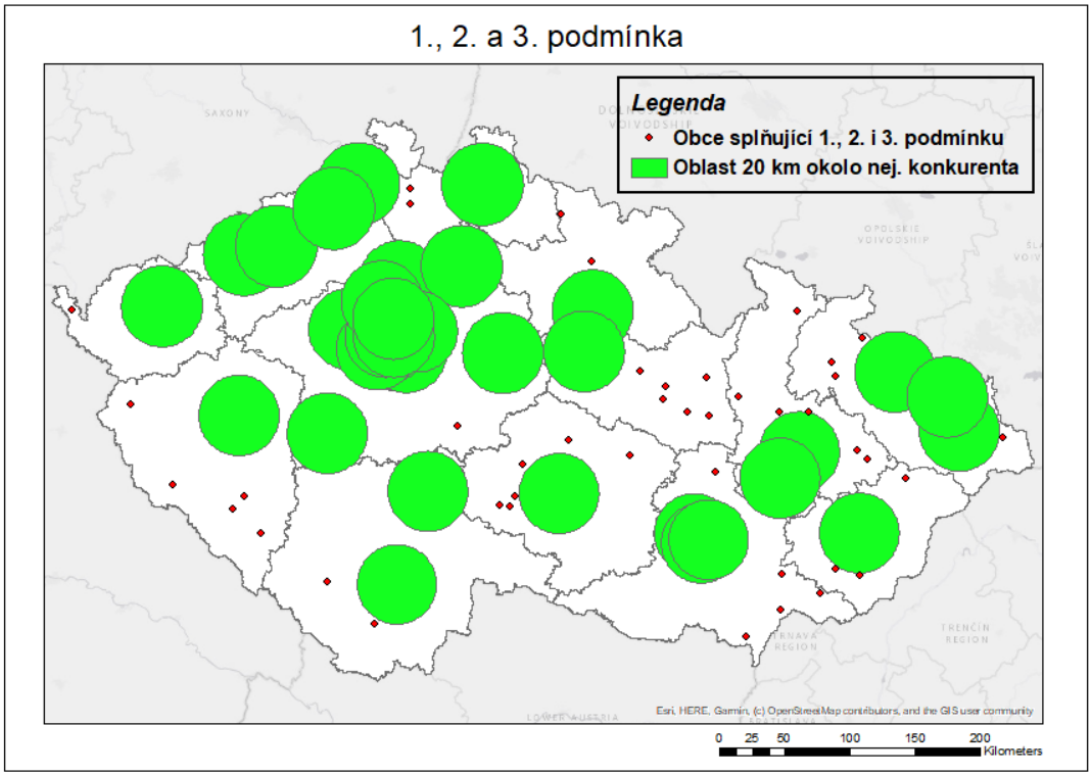
Implementace třetí, čtvrté a páté podmínky je podobná druhé – bude opět použit nástroj Buffer.

Obrázek 19 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 10 km od existujících poboček



Zdroj – vlastní zpracování

Obrázek 18 - Obce splňující první, druhou i třetí podmínku



Zdroj – vlastní zpracování

Ze vstupní množiny 80 obcí jich splnilo třetí podmínku 43, tj. 53,75 %.

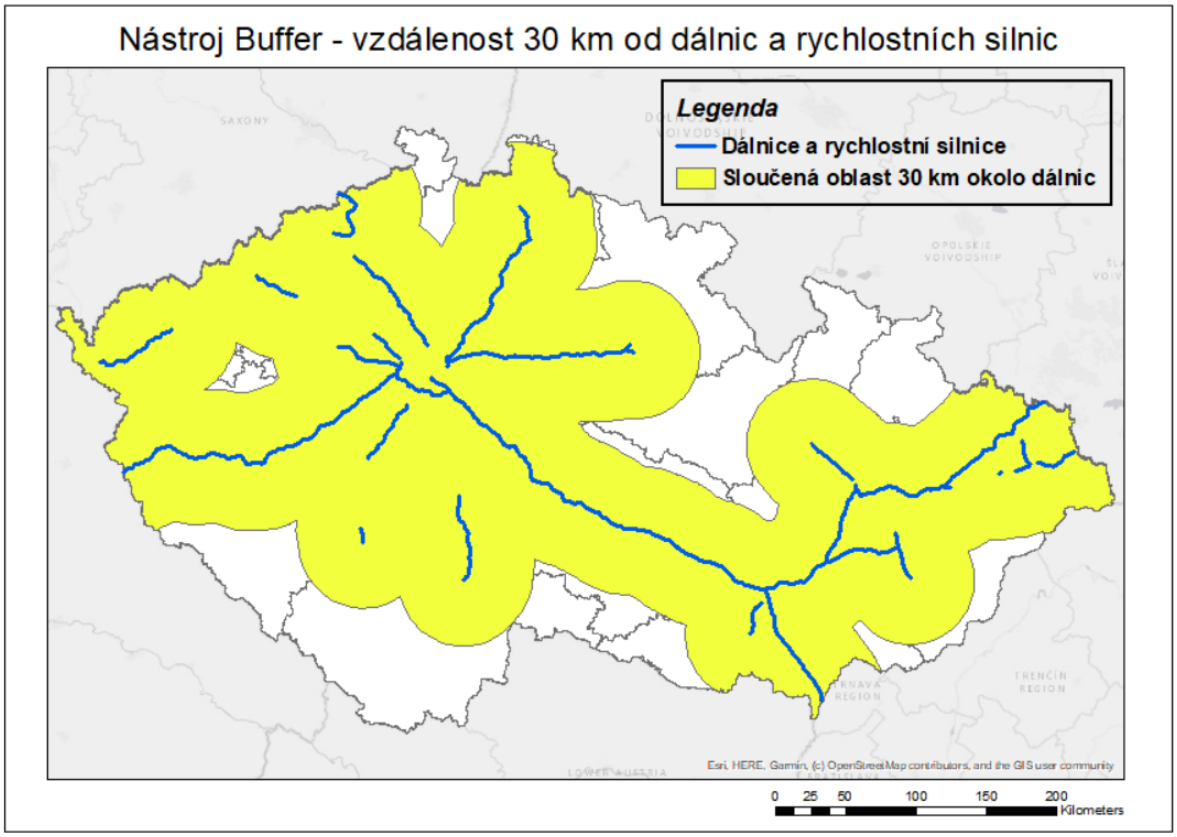
4. Obec musí být vzdálena maximálně 30 km od dálnic

Tato podmínka zajišťuje snadnější zásobování ze skladu, ze kterého je objednané zboží distribuováno do poboček každý den. Částečně se malou vzdáleností od dálnice zlepší i dostupnost pobočky zákazníkům.

V tomto případě je nutné vytvořit vrstvu se vzdáleností 30 km okolo dálnic (a rychlostních silnic).

Silnice a rychlostní silnice byly izolovány selekcí podle atributů z vrstvy Silnice – polygony (ArcČR® 500), ve které nabývaly hodnot 1 a 2 u atributu Třída silnice. Jednotlivé kruhy byly pro přehlednost sloučeny nástrojem Merge.

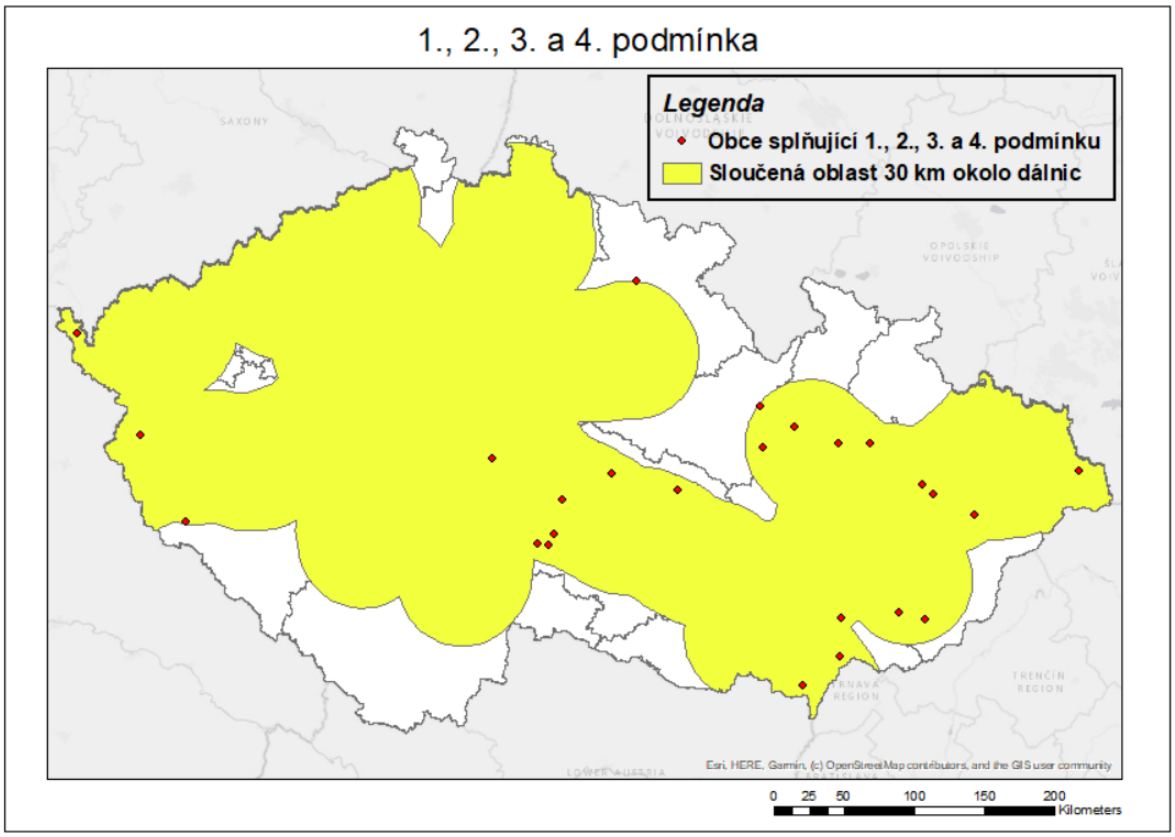
Obrázek 20 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 30 km od dálnic a rychlostních silnic



Zdroj – vlastní zpracování

Nyní je možné označit a uložit pouze obce nacházející se uvnitř vytvořené oblasti.

Obrázek 21 - Obce splňující první, druhou, třetí i čtvrtou podmínku



Zdroj – vlastní zpracování

Ze vstupní množiny 43 obcí jich splnilo čtvrtou podmínku 25, tj. 58,14 %.

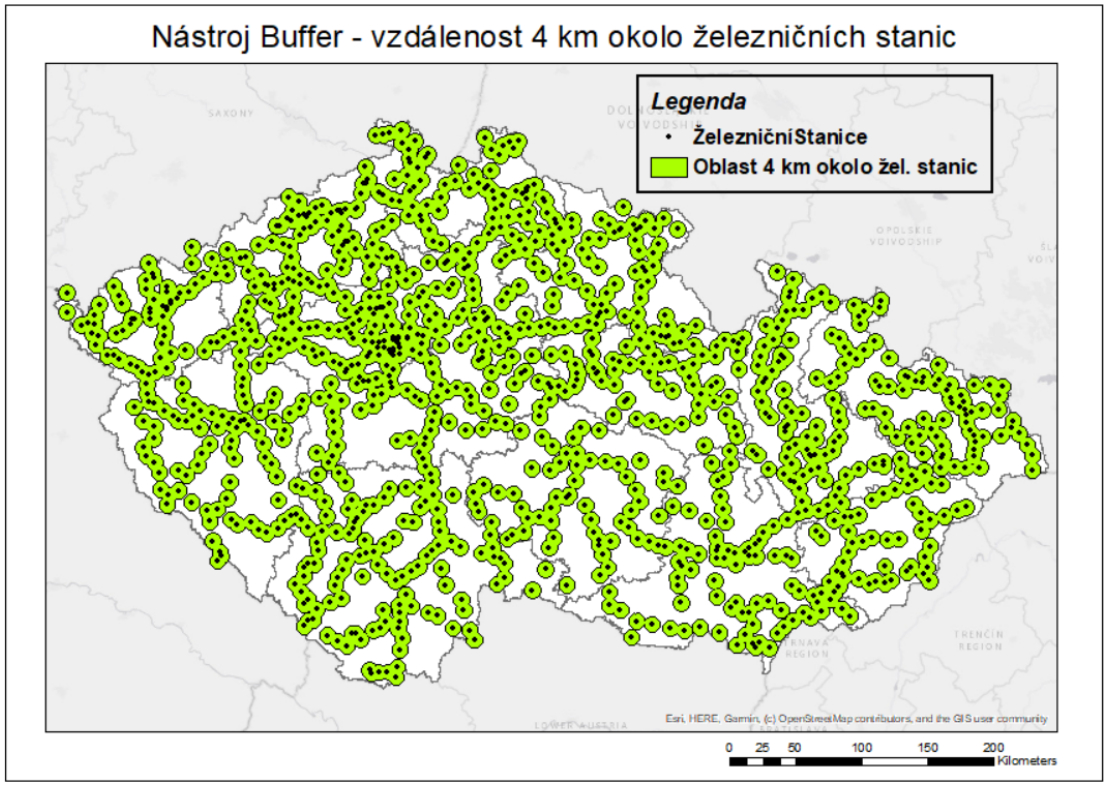
5. Obec musí být vzdálena maximálně 4 km od železniční stanice

Poslední pátá podmínka zajišťuje pohodlnou dostupnost zákazníkům cestujícím vlakem. Velká část obyvatelstva ČR dojíždí za zaměstnáním či vzděláním pomocí vlaků. Železniční dráhy dobře propojují město s jeho okolím, a tudíž zpřístupňují kamenné obchody v blízkém okolí.

K omezení vstupní množiny obcí poslední podmínkou je nutné vytvořit vrstvu se vzdáleností 4 km od železničních stanic. V ní se snadno označí a izolují ty obce, které do ní spadají.

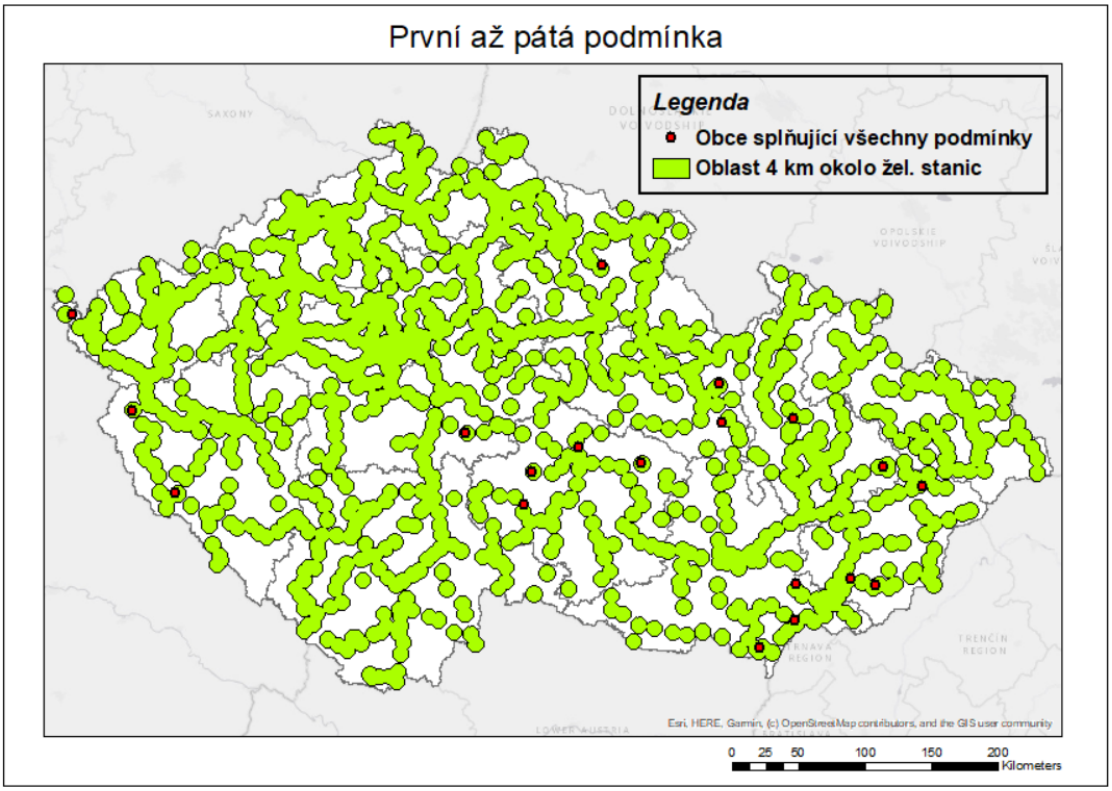
K vytvoření požadované vzdálenosti Bufferem je použita vrstva Železniční stanice – body (ArcČR® 500).

Obrázek 22 - Vytvoření nové vrstvy – vzdálenost 4 km od železničních stanic



Zdroj – vlastní zpracování

Obrázek 23 - Obce splňující všechny podmínky



Zdroj – vlastní zpracování

Ze vstupní množiny 25 obcí jich splnilo pátou podmínku 19, tj. 76 %. Těchto 19 obcí představuje přípustné varianty pro vícekriteriální analýzu variant a tvoří necelých 0,3 % ze všech obcí ČR:

- Aš,
- Břeclav,
- Domažlice,
- Dvůr Králové nad Labem,
- Havlíčkův Brod,
- Hodonín,
- Hranice,
- Humpolec,
- Kyjov,
- Lanškroun,
- Moravská Třebová,
- Nové Město na Moravě,
- Pelhřimov,
- Tachov,
- Uherské Hradiště,
- Uherský Brod,
- Uničov,
- Valašské Meziříčí,
- Vlašim.

Seznam a popis kritérií

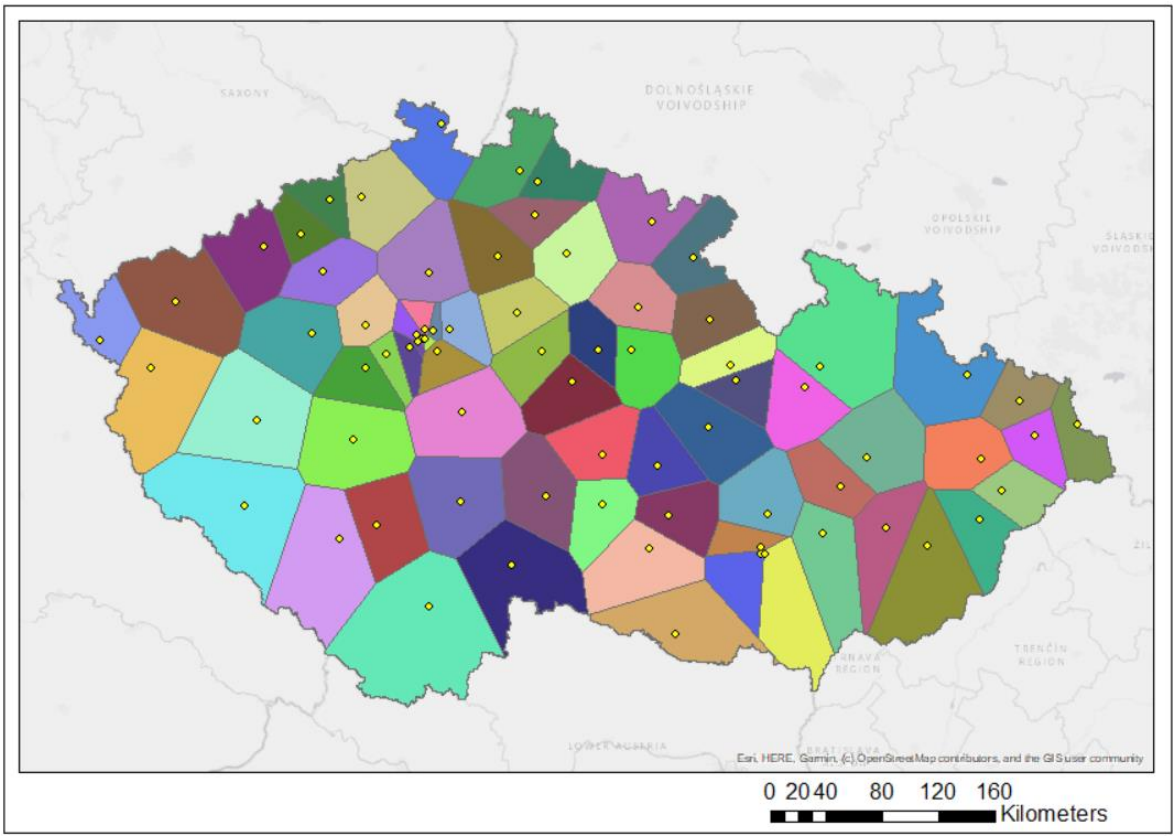
Kritérium 1. – Počet obyvatel ve vypočítaných spádových oblastech

Toto maximalizační kritérium zohledňuje cíl firmy přiblížit se co nejvíce zákazníkům a poskytnout jim zákaznické služby, například vyřízení reklamace, záchranu dat či odbornou radu, a tím zvýšit svou konkurenceschopnost a v důsledku i zisk.

Ze všech vstupních dat potřebných k vícekriteriální analýze variant jsou tyto nejobtížnější získat. Nejprve je nutné vytvořit Voroného diagram ze 74 existujících poboček, ke kterým je přidána vždy jedna z 19 přípustných obcí.

Následující obrázek obsahuje Voroného diagram existujících poboček generovaný nástrojem Create Thiessen Polygons. Pobočky jsou značeny žlutými body a jednotlivé spádové oblasti (Voroného buňky) jsou pro přehlednost značeny různobarevně. Všechny vytvořené Voroného diagramy a Voroného buňky jsou oříznuty hranicemi ČR pomocí nástroje Clip.

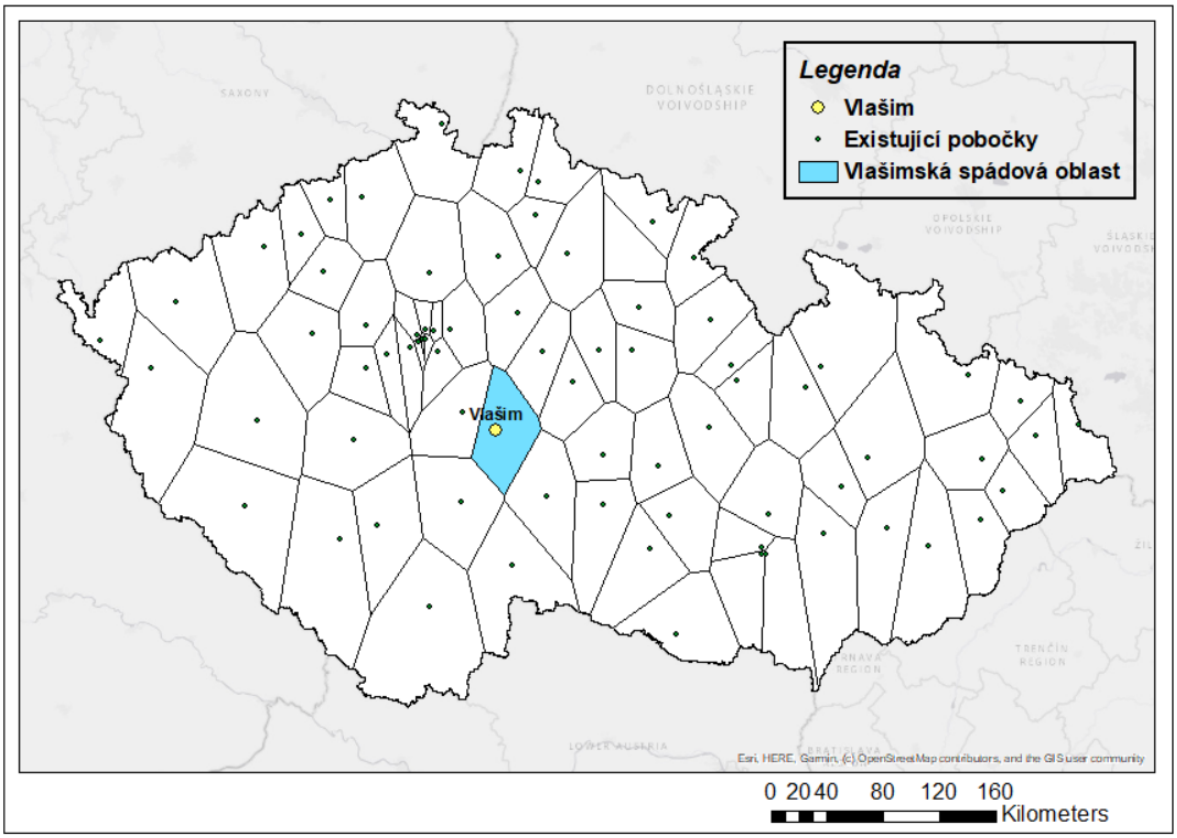
Obrázek 24 - Voroného diagram existujících poboček



Zdroj – vlastní zpracování

Na následujícím obrázku je Voroného diagram vytvořený z bodů existujících poboček s přidaným bodem Vlašimi.

Obrázek 25 - Voroného diagram s Vlašimí



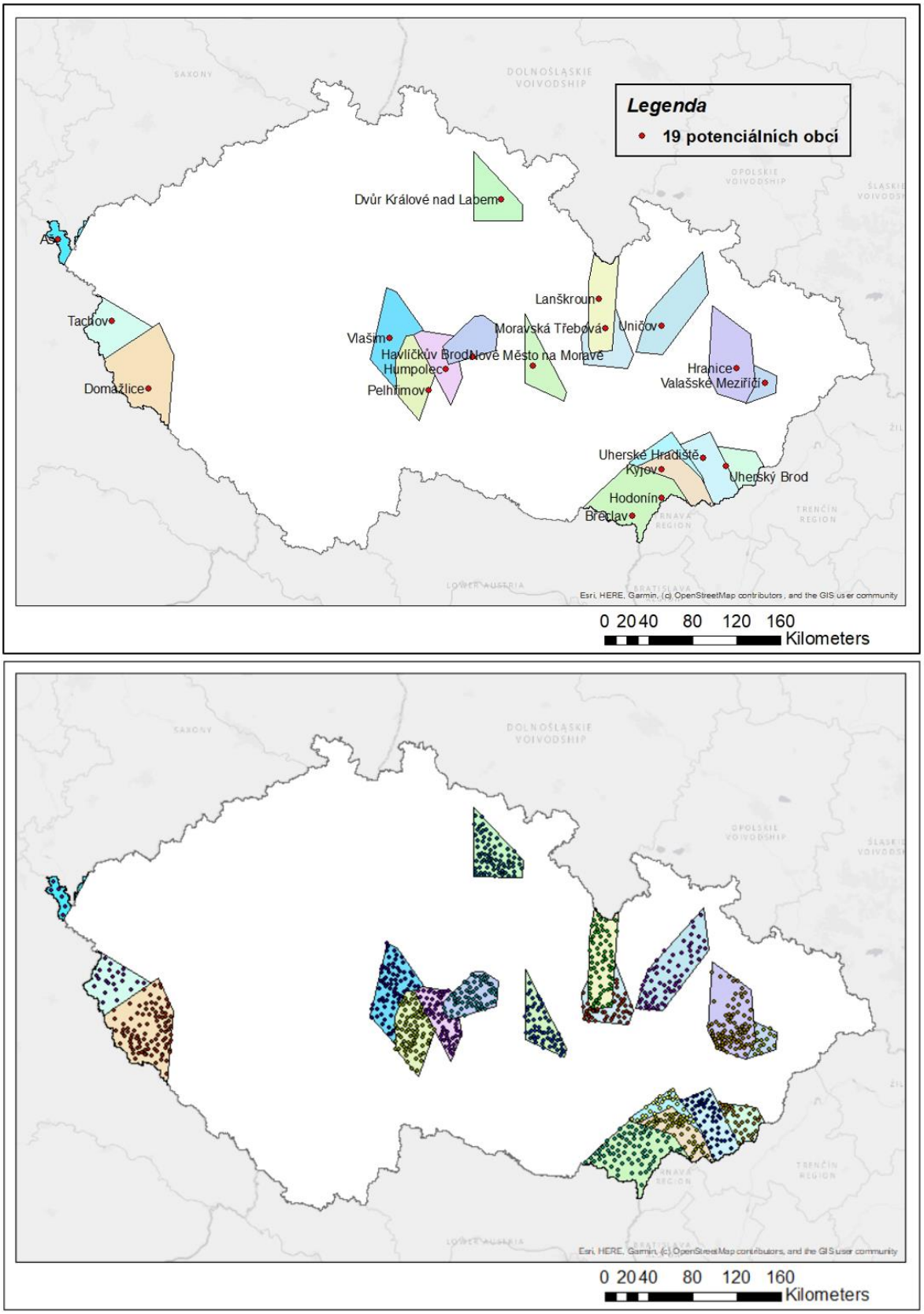
Zdroj – vlastní zpracování

Stejný proces byl proveden u zbylých 18 bodů a předmětné polygony byly izolovány do samostatných vrstev.

Vytvořením Voroného diagramu pro každou z přípustných variant je možné jednoduše vypočíst plochu jednotlivých polygonů, nikoliv však počet obyvatel v nich. Tomu předchází krok selekce obcí umístěných uvnitř každého z nich (příkaz Select By Location).

Následující mapy obsahují všech 19 variant, k nim vzniklé polygony a selekci jim náležících obcí.

Obrázek 26 - Spádové oblasti potenciálních poboček a selekce jim příslušních obcí



Zdroj – vlastní zpracování

Počet obyvatel v jednotlivých spádových oblastech byl vypočten sumou počtu obyvatel obcí uvnitř. Výsledná data vypadají následovně (plocha polygonu je uvedena pouze pro představu):

Tabulka 1 - Počet obyvatel v polygonech

Varianta - Obec	Plocha polygonu (km^2)	Počet obyvatel obcí v polygonu
Aš	441,403	18 345
Břeclav	2 910,549	177 007
Domažlice	3 409,293	74 980
Dvůr Králové nad Labem	1 744,647	87 462
Havlíčkův Brod	1 399,925	82 570
Hodonín	3 519,876	216 806
Hranice	2 697,948	120 482
Humpolec	1 513,527	42 311
Kyjov	4 119,729	242 812
Lanškroun	1 978,342	64 039
Moravská Třebová	2 164,922	68 632
Nové Město na Moravě	1 362,296	30 868
Pelhřimov	2 187,757	49 362
Tachov	3 512,786	57 873
Uherské Hradiště	3 214,339	213 981
Uherský Brod	2 846,930	180 260
Uničov	2 677,304	97 646
Valašské Meziříčí	1 192,773	93 438
Vlašim	2 556,117	50 163

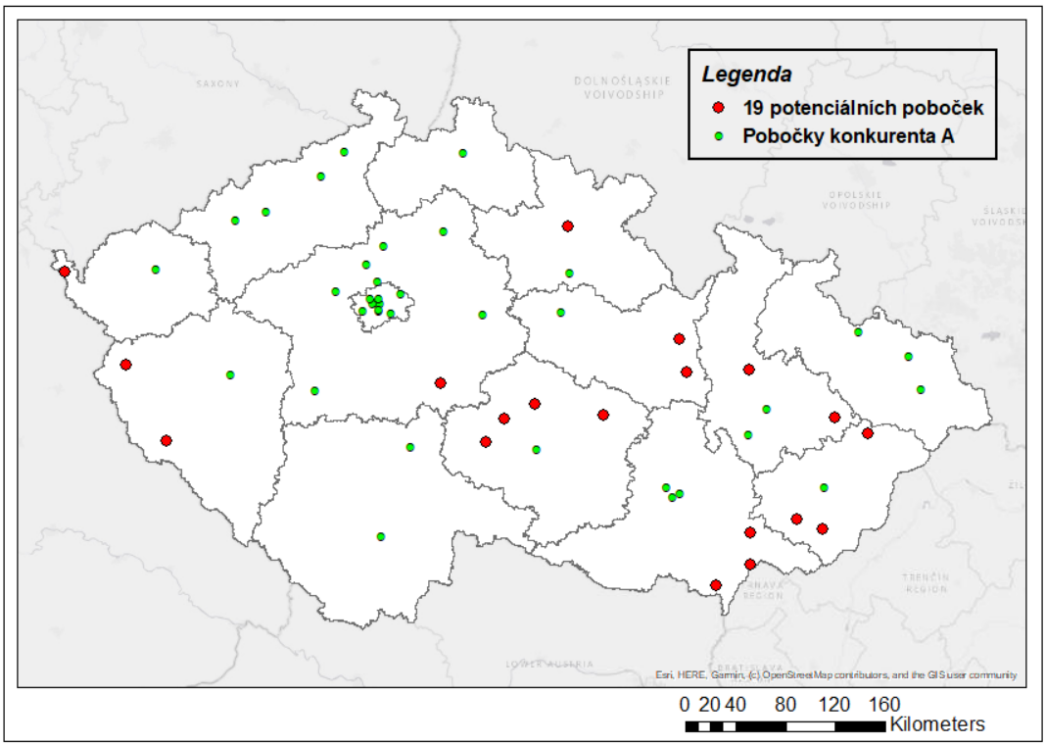
Zdroj – vlastní zpracování

Kritérium 2. až 6. – Vzdálenosti od nejbližších poboček konkurentů

Tato maximalizační kritéria reflektují strategii firmy vyhnout se konkurentům a založit pobočku tam, kde je aspoň prozatím neohrožuje žádný jiný větší prodejce elektroniky. Společnost spoléhá na skutečnost, že zákazníci raději vyzvednou produkty na kamenné prodejně, ve které je mohou snadno reklamovat nebo mohou využít jejích jiných služeb.

K vypočtení vzdáleností mezi bodem přípustné varianty a nejbližší pobočkou konkurenta byl použit nástroj Generate Near Table.

Obrázek 27 - Vzdálenost potenciálních poboček od nejbližších poboček konkurenta A



Zdroj – vlastní zpracování

Vypočítaná vzdálenost od konkurentů je v následujících dvou tabulkách:

Tabulka 2 - Vzdálenost od konkurentů A, B a C

Varianta - Obec	Konkurent A	Konkurent B	Konkurent C
Aš	46,723 km	44,853 km	20,684 km
Břeclav	51,924 km	46,121 km	0,964 km
Domažlice	47,396 km	46,123 km	0,599 km
Dvůr Králové nad Labem	24,072 km	26,841 km	0,277 km
Havlíčkův Brod	22,947 km	48,971 km	0,309 km
Hodonín	52,516 km	47,762 km	0,535 km
Hranice	35,789 km	36,937 km	19,123 km
Humpolec	22,708 km	61,643 km	0,595 km
Kyjov	42,058 km	38,648 km	1,523 km
Lanškroun	58,084 km	18,991 km	19,383 km
Moravská Třebová	45,454 km	20,403 km	14,198 km
Nové Město na Moravě	39,500 km	56,935 km	23,938 km
Pelhřimov	26,624 km	73,909 km	1,637 km
Tachov	51,192 km	49,841 km	19,307 km
Uherské Hradiště	22,325 km	16,821 km	0,986 km
Uherský Brod	21,999 km	20,645 km	13,644 km
Uničov	22,180 km	21,814 km	0,724 km
Valašské Meziříčí	35,804 km	41,841 km	0,172 km
Vlašim	36,392 km	40,765 km	36,415 km

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 3 - Vzdálenost od konkurentů D, E a F

Varianta - Obec	Konkurent D	Konkurent E	Konkurent F
Aš	20,856 km	1,175 km	46,428 km
Břeclav	2,945 km	0,964 km	1,316 km
Domažlice	43,698 km	46,123 km	46,697 km
Dvůr Králové nad Labem	11,684 km	16,508 km	24,413 km
Havlíčkův Brod	1,165 km	23,229 km	23,126 km
Hodonín	0,802 km	1,037 km	19,781 km
Hranice	18,433 km	1,300 km	0,489 km
Humpolec	17,577 km	15,657 km	22,781 km
Kyjov	17,544 km	16,995 km	25,493 km
Lanškroun	20,226 km	12,454 km	12,059 km
Moravská Třebová	20,814 km	13,491 km	22,218 km
Nové Město na Moravě	9,085 km	9,014 km	9,803 km
Pelhřimov	25,825 km	0,296 km	26,578 km
Tachov	36,404 km	17,106 km	51,062 km
Uherské Hradiště	0,985 km	1,050 km	0,266 km
Uherský Brod	0,851 km	15,342 km	14,754 km
Uničov	13,970 km	13,484 km	14,637 km
Valašské Meziříčí	0,717 km	1,469 km	18,794 km
Vlašim	39,599 km	0,713 km	50,348 km

Zdroj – vlastní zpracování

Těchto šest kritérií by mohlo být sloučeno do jednoho takovým způsobem, že by byla vypočítána vzdálenost od nejbližší pobočky jakéhokoliv konkurenta – body poboček konkurentů by tvořily jednu množinu. To by však zbytečně omezilo rozhodovatele při stanovování vah. Pozbyl by možnost distribuovat váhy těchto kritérií nerovnoměrně, a tím přizpůsobit analýzu potřebám společnosti.

GPS souřadnice poboček CZC.cz a jejích konkurentů jsou v tabulce přílohy 1, která obsahuje i rozklíčování přezdívek konkurentů.

4.3.2 **Fáze Design**

Kriteriální matice

Kriteriální matice 19 variant je naplněna všemi vypočtenými daty sedmi kritérií.

Tabulka 4 - První scénář – Kriteriální matice

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Vzd. od konkurenta A (m)	Vzd. od konkurenta B (m)	Vzd. od konkurenta C (m)	Vzd. od konkurenta D (m)	Vzd. od konkurenta E (m)	Vzd. od konkurenta F (m)
Aš	18 345	46722,638	44852,520	20683,946	20855,613	1175,079	46428,321
Břeclav	177 007	51 924,448	46 121,119	963,924	2 945,051	963,924	1 315,742
Domažlice	74 980	47 395,542	46 123,069	598,534	43 698,080	46 123,069	46 697,421
Dvůr Králové nad Labem	87 462	24 072,476	26 841,104	276,580	11 684,296	16 508,325	24 413,044
Havlíčkův Brod	82 570	22 947,499	48 970,755	308,706	1 165,327	23 228,548	23 126,146
Hodonín	216 806	52 516,111	47 762,141	535,027	801,807	1 036,517	19 781,283
Hranice	120 482	35 788,971	36 936,631	19 122,664	18 432,724	1 299,991	488,636
Humpolec	42 311	22 707,577	61 642,991	594,974	17 576,929	15 656,526	22 780,873
Kyjov	242 812	42 058,107	38 648,439	1 522,870	17 544,204	16 994,998	25 492,904
Lanškroun	64 039	58 083,909	18 991,241	19 382,601	20 226,157	12 453,761	12 059,009
Moravská Třebová	68 632	45 454,303	20 402,686	14 197,677	20 813,638	13 490,714	22 218,374
Nové Město na Moravě	30 868	39 499,910	56 935,488	23 938,179	9 085,376	9 013,549	9 803,412
Pelhřimov	49 362	26 624,022	73 908,742	1 636,595	25 824,614	296,300	26 577,882
Tachov	57 873	51 191,850	49 840,890	19 306,655	36 403,912	17 106,483	51 061,877
Uherské Hradiště	213 981	22 325,118	16 820,650	986,308	985,408	1 049,636	265,799
Uherský Brod	180 260	21 999,436	20 645,016	13 643,879	851,391	15 341,971	14 754,256
Uničov	97 646	22 179,852	21 813,690	724,376	13 970,025	13 484,026	14 636,996
Valašské Meziříčí	93 438	35 803,583	41 841,023	172,008	717,391	1 468,553	18 794,182
Vlašim	50 163	36 392,000	40 764,669	36 414,503	39 598,681	712,949	50 348,009

Zdroj – vlastní zpracování

Stanovení vah kritérií

Váhy jsou pro názornost a prošetření scénářů stanoveny bodovací metodou. Váhy vždy určuje rozhodovatel, nebo skupina rozhodovatelů, kteří mají přehled o předmětném trhu, trendech, společnosti apod. V případě více rozhodovatelů může společnost využít například metody AHP, jež umožňuje více rozhodovatelům nezávisle na sobě posoudit váhy kritérií.

Tabulka 5 - První scénář – váhy kritérií

Kritérium	Počet obyvatel v polygonu	Vzd. od konkurenta A	Vzd. od konkurenta B	Vzd. od konkurenta C	Vzd. od konkurenta D	Vzd. od konkurenta E	Vzd. od konkurenta F
Váha	0,5	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833	0,0833

Zdroj – vlastní zpracování

4.3.3 Fáze Choice

Výpočet kompromisní varianty

K výpočtu kompromisní varianty je použita metoda váženého součtu, jelikož jsou veškeré informace kardinálního charakteru.

Před standardizací matice je nejprve nutné ji doplnit o hodnoty ideální a bazální varianty.

Tabulka 6 - První scénář – Ideální a bazální varianta

	Počet obyvatel v polygonu	Vzd. od konkurenta A (m)	Vzd. od konkurenta B (m)	Vzd. od konkurenta C (m)	Vzd. od konkurenta D (m)	Vzd. od konkurenta E (m)	Vzd. od konkurenta F (m)
Ideální varianta	242 812	58 083,909	73 908,742	36 414,503	43 698,080	46 123,069	51 061,877
Bazální varianta	18 345	21 999,436	16 820,650	172,008	717,391	296,300	265,799

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 7 - První scénář – Standardizovaná kriteriální matice

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Vzd. od konkurenta A	Vzd. od konkurenta B	Vzd. od konkurenta C	Vzd. od konkurenta D	Vzd. od konkurenta E	Vzd. od konkurenta F
Aš	0	0,685147922	0,491028323	0,565963732	0,468541176	0,019176126	0,908781212
Břeclav	0,706838867	0,829304406	0,513250099	0,021850484	0,051829336	0,014568439	0,020669751
Domažlice	0,252308803	0,703795951	0,513284255	0,011768668	1	1	0,914078874
Dvůr Králové nad Labem	0,307916086	0,057449643	0,175526158	0,002885354	0,255158905	0,353767575	0,475376163
Havlíčkův Brod	0,286122236	0,026273442	0,563166572	0,003771768	0,01042181	0,500411624	0,450041559
Hodonín	0,884143326	0,845701013	0,541995539	0,010016384	0,001964062	0,016152523	0,384192722
Hranice	0,455020114	0,382145942	0,352367361	0,522884985	0,412169593	0,021901857	0,004386879
Humpolec	0,106768478	0,019624549	0,785143443	0,011670453	0,392258446	0,335180217	0,443244331
Kyjov	1	0,555880962	0,382352756	0,037272877	0,391497058	0,364387425	0,496634885
Lanškroun	0,203566671	1	0,038021771	0,530057145	0,453896097	0,265291696	0,232167713
Moravská Třebová	0,224028476	0,649998874	0,062745758	0,386995137	0,467564573	0,287919376	0,432170669
Nové Město na Moravě	0,055789938	0,484986274	0,702683104	0,655754283	0,194691756	0,190221787	0,187762775
Pelhřimov	0,138180668	0,128160003	1	0,040410768	0,584151249	0	0,517994367
Tachov	0,176097155	0,809002085	0,578408538	0,527961634	0,830291982	0,366820168	1
Uherské Hradiště	0,871557957	0,009025539	0	0,022468111	0,006235776	0,016438781	0
Uherský Brod	0,721330975	0	0,066990607	0,371714767	0,003117689	0,328316221	0,28522786
Uničov	0,353285784	0,004999842	0,087462025	0,015240882	0,30833927	0,287773431	0,282919422
Valašské Meziříčí	0,334539153	0,382550891	0,438276563	0	0	0,025580104	0,364760097
Vlašim	0,141749121	0,398857529	0,419422303	1	0,90462231	0,009091828	0,985946379
Typ kritéria:	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Ideální varianta	1	1	1	1	1	1	1
Bazální varianta	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 8 - První scénář – Matice užitku

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Vzd. od konkurenta A	Vzd. od konkurenta B	Vzd. od konkurenta C	Vzd. od konkurenta D	Vzd. od konkurenta E	Vzd. od konkurenta F	SUMA
Aš	0	0,05709566	0,040919027	0,047163644	0,039045098	0,00159801	0,075731768	0,261553
Břeclav	0,353419434	0,069108701	0,042770842	0,001820874	0,004319111	0,001214037	0,001722479	0,474375
Domažlice	0,126154401	0,058649663	0,042773688	0,000980722	0,083333333	0,083333333	0,076173239	0,471398
Dvůr Králové nad Labem	0,153958043	0,00478747	0,01462718	0,000240446	0,021263242	0,029480631	0,03961468	0,263972
Havlíčkův Brod	0,143061118	0,002189454	0,046930548	0,000314314	0,000868484	0,041700969	0,037503463	0,272568
Hodonín	0,442071663	0,070475084	0,045166295	0,000834699	0,000163672	0,001346044	0,03201606	0,592074
Hranice	0,227510057	0,031845495	0,029363947	0,043573749	0,034347466	0,001825155	0,000365573	0,368831
Humpolec	0,053384239	0,001635379	0,06542862	0,000972538	0,032688204	0,027931685	0,036937028	0,218978
Kyjov	0,5	0,046323413	0,03186273	0,003106073	0,032624755	0,030365619	0,04138624	0,685669
Lanškroun	0,101783336	0,083333333	0,003168481	0,044171429	0,037824675	0,022107641	0,019347309	0,311736
Moravská Třebová	0,112014238	0,054166573	0,005228813	0,032249595	0,038963714	0,023993281	0,036014222	0,30263
Nové Město na Moravě	0,027894969	0,040415523	0,058556925	0,05464619	0,016224313	0,015851816	0,015646898	0,229237
Pelhřimov	0,069090334	0,01068	0,083333333	0,003367564	0,048679271	0	0,043166197	0,258317
Tachov	0,088048577	0,06741684	0,048200711	0,043996803	0,069190999	0,030568347	0,083333333	0,430756
Uherské Hradiště	0,435778979	0,000752128	0	0,001872343	0,000519648	0,001369898	0	0,440293
Uherský Brod	0,360665488	0	0,005582551	0,030976231	0,000259807	0,027359685	0,023768988	0,448613
Uničov	0,176642892	0,000416653	0,007288502	0,001270074	0,025694939	0,023981119	0,023576618	0,258871
Valašské Meziříčí	0,167269576	0,031879241	0,036523047	0	0	0,002131675	0,030396675	0,2682
Vlašim	0,070874561	0,033238127	0,034951859	0,083333333	0,075385192	0,000757652	0,082162198	0,380703

Zdroj – vlastní zpracování

Sloupec „SUMA“ uvádí hodnoty užitku variant. Seřazením variant dle jejich užitku je dosaženo výsledné tabulky:

Tabulka 9 - První scénář – Seřazení variant dle užitku

Varianta - Obec	SUMA
Kyjov	0,685669
Hodonín	0,592074
Břeclav	0,474375
Domažlice	0,471398
Uherský Brod	0,448613
Uherské Hradiště	0,440293
Tachov	0,430756
Vlašim	0,380703
Hranice	0,368831
Lanškroun	0,311736
Moravská Třebová	0,302630
Havlíčkův Brod	0,272568
Valašské Meziříčí	0,268200
Dvůr Králové nad Labem	0,263972
Aš	0,261553
Uničov	0,258871
Pelhřimov	0,258317
Nové Město na Moravě	0,229237
Humpolec	0,218978

Zdroj – vlastní zpracování

V tomto scénáři s těmito kritérii a váhami by největší užitek přinesla volba Kyjova jakožto místa vzniku nové pobočky.

4.4 Druhý scénář – zaměření se na zákazníka

Tento scénář simuluje situaci, ve které se vedení společnosti soustředí na ekonomicko-demografický charakter obcí.

4.4.1 Fáze intelligence

Prvotní podmínky jsou identické s těmi v předchozím scénáři.

Seznam a popis kritérií

Kritérium 1. – Počet obyvatel ve vypočítaných spádových oblastech

Toto kritérium je totožné s prvním kritériem předchozího scénáře. Vypočítaná data budou vložena do kriteriální matice.

Kritérium 2. – Doba trvání dopravy ze skladu

Toto minimalizační kritérium zvýhodňuje obce, jejichž hypotetické zásobování by bylo méně nákladné než u jiných. Firma CZC.cz zásobuje pobočky každý pracovní den, proto by mohly ušetřené náklady na přepravu hrát nemalou roli při rozhodování.

Doba trvání dopravy ze skladu do jednotlivých poboček byla vypočítána pomocí Google Maps.

Tabulka 10 - Doba trvání dopravy ze skladu

Varianta - Obec	Doba trvání dopravy ze skladu (min)
Aš	142
Břeclav	190
Domažlice	100
Dvůr Králové nad Labem	134
Havlíčkův Brod	118
Hodonín	195
Hranice	220
Humpolec	100
Kyjov	198
Lanškroun	181
Moravská Třebová	178
Nové Město na Moravě	172
Pelhřimov	96
Tachov	90
Uherské Hradiště	215
Uherský Brod	227
Uničov	211
Valašské Meziříčí	238
Vlašim	74

Zdroj – vlastní zpracování

Kritérium 3. – Index závislosti v kraji

Index závislosti vyjadřuje kolik osob v poproduktivním věku (65 a více let) připadá na 100 osob v produktivním věku (15–64 let). Předpokládá se, že osoby v produktivním věku mají na rozdíl od osob v poproduktivním věku vyšší příjmy a častěji nakupují elektroniku.

Jedná se o minimalizační kritérium.

Tabulka indexů závislosti v kraji příslušných variant je naplněná daty z Českého statistického úřadu:

Tabulka 11 - Index závislosti v kraji

Varianta - Obec	Index závislosti v kraji
Aš	21,5
Břeclav	23,3
Domažlice	23,4
Dvůr Králové nad Labem	24,5
Havlíčkův Brod	23,8
Hodonín	23,3
Hranice	23,4
Humpolec	23,8
Kyjov	23,3
Lanškroun	23,4
Moravská Třebová	23,4
Nové Město na Moravě	23,8
Pelhřimov	23,8
Tachov	23,4
Uherské Hradiště	24,1
Uherský Brod	24,1
Uničov	23,4
Valašské Meziříčí	24,1
Vlašim	21,3

Zdroj – ČSÚ – Index závislosti v ČR a Praze

Kritérium 4. – Průměrná mzda v kraji

Toto maximalizační kritérium zvýhodňuje varianty, jejichž kraj má vysokou průměrnou hrubou mzdu, a tedy i více financí na nákup elektroniky.

Tabulka průměrné mzdy v kraji příslušných variant je naplněná daty z Českého statistického úřadu:

Tabulka 12 - Průměrná mzda v kraji

Varianta - Obec	Průměrná mzda v kraji
Aš	29 962 Kč
Břeclav	32 896 Kč
Domažlice	33 154 Kč
Dvůr Králové nad Labem	31 925 Kč
Havlíčkův Brod	31 147 Kč
Hodonín	32 896 Kč
Hranice	30 784 Kč
Humpolec	31 147 Kč
Kyjov	32 896 Kč
Lanškroun	30 659 Kč
Moravská Třebová	30 659 Kč
Nové Město na Moravě	31 147 Kč
Pelhřimov	31 147 Kč
Tachov	33 154 Kč
Uherské Hradiště	30 425 Kč
Uherský Brod	30 425 Kč
Uničov	30 784 Kč
Valašské Meziříčí	30 425 Kč
Vlašim	34 900 Kč

Zdroj – ČSÚ – Mzdy v krajích ČR

4.4.2 **Fáze Design**

Kriteriální matice

Tabulka 13 - Druhý scénář – Kriteriální matice

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu (min)	Index závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji
Aš	18 345	142	21,5	29 962 Kč
Břeclav	177 007	190	23,3	32 896 Kč
Domažlice	74 980	100	23,4	33 154 Kč
Dvůr Králové nad Labem	87 462	134	24,5	31 925 Kč
Havlíčkův Brod	82 570	118	23,8	31 147 Kč
Hodonín	216 806	195	23,3	32 896 Kč
Hranice	120 482	220	23,4	30 784 Kč
Humpolec	42 311	100	23,8	31 147 Kč
Kyjov	242 812	198	23,3	32 896 Kč
Lanškroun	64 039	181	23,4	30 659 Kč
Moravská Třebová	68 632	178	23,4	30 659 Kč
Nové Město na Moravě	30 868	172	23,8	31 147 Kč
Pelhřimov	49 362	96	23,8	31 147 Kč
Tachov	57 873	90	23,4	33 154 Kč
Uherské Hradiště	213 981	215	24,1	30 425 Kč
Uherský Brod	180 260	227	24,1	30 425 Kč
Uničov	97 646	211	23,4	30 784 Kč
Valašské Meziříčí	93 438	238	24,1	30 425 Kč
Vlašim	50 163	74	21,3	34 900 Kč
Typ kritéria:	MAX	MIN	MIN	MAX

Zdroj – vlastní zpracování

Stanovení vah kritérií

Váhy jsou opět stanoveny bodovací metodou.

Tabulka 14 - Druhý scénář – Váhy kritérií

Kritérium	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu	Index závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji
Váha	0,5	0,1667	0,1667	0,1667

Zdroj – vlastní zpracování

4.4.3 **Fáze Choice**

Výpočet kompromisní varianty

Tabulka 15 - Druhý scénář – Ideální a bazální varianta

	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu (min)	Index závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji
Ideální varianta	242 812	74	21,3	34 900 Kč
Bazální varianta	18 345	238	24,5	29 962 Kč

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 16 - Druhý scénář – Standardizovaná kriteriální matice

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu	Index závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji
Aš	0	0,585365854	0,9375	0
Břeclav	0,706838867	0,292682927	0,375	0,594167679
Domažlice	0,252308803	0,841463415	0,34375	0,646415553
Dvůr Králové nad Labem	0,307916086	0,634146341	0	0,397529364
Havlíčkův Brod	0,286122236	0,731707317	0,21875	0,239975699
Hodonín	0,884143326	0,262195122	0,375	0,594167679
Hranice	0,455020114	0,109756098	0,34375	0,166464156
Humpolec	0,106768478	0,841463415	0,21875	0,239975699
Kyjov	1	0,243902439	0,375	0,594167679
Lanškroun	0,203566671	0,347560976	0,34375	0,141150263
Moravská Třebová	0,224028476	0,365853659	0,34375	0,141150263
Nové Město na Moravě	0,055789938	0,402439024	0,21875	0,239975699
Pelhřimov	0,138180668	0,865853659	0,21875	0,239975699
Tachov	0,176097155	0,902439024	0,34375	0,646415553
Uherské Hradiště	0,871557957	0,140243902	0,125	0,093762657
Uherský Brod	0,721330975	0,067073171	0,125	0,093762657
Uničov	0,353285784	0,164634146	0,34375	0,166464156
Valašské Meziříčí	0,334539153	0	0,125	0,093762657
Vlašim	0,141749121	1	1	1
Typ kritéria:	MAX	MAX	MAX	MAX
Ideální varianta	1	1	1	1
Bazální varianta	0	0	0	0

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 17 - Druhý scénář – Matice užitku

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu	Index závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji	SUMA
Aš	0	0,097560976	0,15625	0	0,253811
Břeclav	0,353419434	0,048780488	0,0625	0,099027947	0,563728
Domažlice	0,126154401	0,140243902	0,057291667	0,107735925	0,431426
Dvůr Králové nad Labem	0,153958043	0,105691057	0	0,066254894	0,325904
Havlíčkův Brod	0,143061118	0,12195122	0,036458333	0,03999595	0,341467
Hodonín	0,442071663	0,043699187	0,0625	0,099027947	0,647299
Hranice	0,227510057	0,018292683	0,057291667	0,027744026	0,330838
Humpolec	0,053384239	0,140243902	0,036458333	0,03999595	0,270082
Kyjov	0,5	0,040650407	0,0625	0,099027947	0,702178
Lanškroun	0,101783336	0,057926829	0,057291667	0,023525044	0,240527
Moravská Třebová	0,112014238	0,06097561	0,057291667	0,023525044	0,253807
Nové Město na Moravě	0,027894969	0,067073171	0,036458333	0,03999595	0,171422
Pelhřimov	0,069090334	0,144308943	0,036458333	0,03999595	0,289854
Tachov	0,088048577	0,150406504	0,057291667	0,107735925	0,403483
Uherské Hradiště	0,435778979	0,023373984	0,020833333	0,015627109	0,495613
Uherský Brod	0,360665488	0,011178862	0,020833333	0,015627109	0,408305
Uničov	0,176642892	0,027439024	0,057291667	0,027744026	0,289118
Valašské Meziříčí	0,167269576	0	0,020833333	0,015627109	0,20373
Vlašim	0,070874561	0,166666667	0,166666667	0,166666667	0,570875

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 18 - Druhý scénář – Seřazení variant dle užitku

Varianta - Obec	SUMA
Kyjov	0,702178
Hodonín	0,647299
Vlašim	0,570875
Břeclav	0,563728
Uherské Hradiště	0,495613
Domažlice	0,431426
Uherský Brod	0,408305
Tachov	0,403483
Havlíčkův Brod	0,341467
Hranice	0,330838
Dvůr Králové nad Labem	0,325904
Pelhřimov	0,289854
Uničov	0,289118
Humpolec	0,270082
Aš	0,253811
Moravská Třebová	0,253807
Lanškroun	0,240527
Valašské Meziříčí	0,203730
Nové Město na Moravě	0,171422

Zdroj – vlastní zpracování

V tomto scénáři s těmito kritérii a váhami by největší užitek přinesla opět volba Kyjova.

4.5 Třetí scénář – komplexní řešení

Tento scénář představuje komplexní řešení problému – vedení společnosti se rozhodlo zohlednit všechny předešlé aspekty, tj. ekonomicko-demografický charakter obcí i rozložení konkurenčních poboček.

4.5.1 Fáze intelligence

Prvotní podmínky i kritéria jsou identické s těmi v přechozích scénářích.

4.5.2 **Fáze Design**

Kriteriální matice

Tabulka 19 - Třetí scénář – Kriteriální matice

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu (min)	Idex závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji	Vzd. od konkurenta A (m)	Vzd. od konkurenta B (m)	Vzd. od konkurenta C (m)	Vzd. od konkurenta D (m)	Vzd. od konkurenta E (m)	Vzd. od konkurenta F (m)
Aš	18 345	142	21,5	29 962 Kč	46 722,638	44 852,520	20 683,946	20 855,613	1 175,079	46 428,321
Břeclav	177 007	190	23,3	32 896 Kč	51 924,448	46 121,119	963,924	2 945,051	963,924	1 315,742
Domažlice	74 980	100	23,4	33 154 Kč	47 395,542	46 123,069	598,534	43 698,080	46 123,069	46 697,421
Dvůr Králové nad Labem	87 462	134	24,5	31 925 Kč	24 072,476	26 841,104	276,580	11 684,296	16 508,325	24 413,044
Havlíčkův Brod	82 570	118	23,8	31 147 Kč	22 947,499	48 970,755	308,706	1 165,327	23 228,548	23 126,146
Hodonín	216 806	195	23,3	32 896 Kč	52 516,111	47 762,141	535,027	801,807	1 036,517	19 781,283
Hranice	120 482	220	23,4	30 784 Kč	35 788,971	36 936,631	19 122,664	18 432,724	1 299,991	488,636
Humpolec	42 311	100	23,8	31 147 Kč	22 707,577	61 642,991	594,974	17 576,929	15 656,526	22 780,873
Kyjov	242 812	198	23,3	32 896 Kč	42 058,107	38 648,439	1 522,870	17 544,204	16 994,998	25 492,904
Lanškroun	64 039	181	23,4	30 659 Kč	58 083,909	18 991,241	19 382,601	20 226,157	12 453,761	12 059,009
Moravská Třebová	68 632	178	23,4	30 659 Kč	45 454,303	20 402,686	14 197,677	20 813,638	13 490,714	22 218,374
Nové Město na Moravě	30 868	172	23,8	31 147 Kč	39 499,910	56 935,488	23 938,179	9 085,376	9 013,549	9 803,412
Pelhřimov	49 362	96	23,8	31 147 Kč	26 624,022	73 908,742	1 636,595	25 824,614	296,300	26 577,882
Tachov	57 873	90	23,4	33 154 Kč	51 191,850	49 840,890	19 306,655	36 403,912	17 106,483	51 061,877
Uherské Hradiště	213 981	215	24,1	30 425 Kč	22 325,118	16 820,650	986,308	985,408	1 049,636	265,799
Uherský Brod	180 260	227	24,1	30 425 Kč	21 999,436	20 645,016	13 643,879	851,391	15 341,971	14 754,256
Uničov	97 646	211	23,4	30 784 Kč	22 179,852	21 813,690	724,376	13 970,025	13 484,026	14 636,996
Valašské Meziříčí	93 438	238	24,1	30 425 Kč	35 803,583	41 841,023	172,008	717,391	1 468,553	18 794,182
Vlašim	50 163	74	21,3	34 900 Kč	36 392,000	40 764,669	36 414,503	39 598,681	712,949	50 348,009
Typ kritéria:	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Ideální varianta	242 812	74	21,3	34 900 Kč	58 083,909	73 908,742	36 414,503	43 698,080	46 123,069	51 061,877
Bazální varianta	18 345	238	24,5	29 962 Kč	21 999,436	16 820,650	172,008	717,391	296,300	265,799

Zdroj – vlastní zpracování

Stanovení vah kritérií

Váhy jsou opět stanoveny bodovací metodou.

Tabulka 20 - Třetí scénář – Váhy kritérií

Kritérium	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu	Idex závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji	Vzd. od konkurenta A	Vzd. od konkurenta B	Vzd. od konkurenta C	Vzd. od konkurenta D	Vzd. od konkurenta E	Vzd. od konkurenta F
Váha	0,3333	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741

Zdroj – vlastní zpracování

4.5.3 **Fáze Choice**

Výpočet kompromisní varianty

Tabulka 21 - Třetí scénář – Standardizovaná matice

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu	Idex závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji	Vzd. od konkurenta A	Vzd. od konkurenta B	Vzd. od konkurenta C	Vzd. od konkurenta D	Vzd. od konkurenta E	Vzd. od konkurenta F
Aš	0	0,585365854	0,9375	0	0,685147922	0,491028323	0,565963732	0,468541176	0,019176126	0,908781212
Břeclav	0,706838867	0,292682927	0,375	0,59416768	0,829304406	0,513250099	0,021850484	0,051829336	0,014568439	0,020669751
Domažlice	0,252308803	0,841463415	0,34375	0,64641555	0,703795951	0,513284255	0,011768668	1	1	0,914078874
Dvůr Králové nad Labem	0,307916086	0,634146341	0	0,39752936	0,057449643	0,175526158	0,002885354	0,255158905	0,353767575	0,475376163
Havlíčkův Brod	0,286122236	0,731707317	0,21875	0,2399757	0,026273442	0,563166572	0,003771768	0,01042181	0,500411624	0,450041559
Hodonín	0,884143326	0,262195122	0,375	0,59416768	0,845701013	0,541995539	0,010016384	0,001964062	0,016152523	0,384192722
Hranice	0,455020114	0,109756098	0,34375	0,16646416	0,382145942	0,352367361	0,522884985	0,412169593	0,021901857	0,004386879
Humpolec	0,106768478	0,841463415	0,21875	0,2399757	0,019624549	0,785143443	0,011670453	0,392258446	0,335180217	0,443244331
Kyjov	1	0,243902439	0,375	0,59416768	0,555880962	0,382352756	0,037272877	0,391497058	0,364387425	0,496634885
Lanškroun	0,203566671	0,347560976	0,34375	0,14115026	1	0,038021771	0,530057145	0,453896097	0,265291696	0,232167713
Moravská Třebová	0,224028476	0,365853659	0,34375	0,14115026	0,649998874	0,062745758	0,386995137	0,467564573	0,287919376	0,432170669
Nové Město na Moravě	0,055789938	0,402439024	0,21875	0,2399757	0,484986274	0,702683104	0,655754283	0,194691756	0,190221787	0,187762775
Pelhřimov	0,138180668	0,865853659	0,21875	0,2399757	0,128160003	1	0,040410768	0,584151249	0	0,517994367
Tachov	0,176097155	0,902439024	0,34375	0,64641555	0,809002085	0,578408538	0,527961634	0,830291982	0,366820168	1
Uherské Hradiště	0,871557957	0,140243902	0,125	0,09376266	0,009025539	0	0,022468111	0,006235776	0,016438781	0
Uherský Brod	0,721330975	0,067073171	0,125	0,09376266	0	0,066990607	0,371714767	0,003117689	0,328316221	0,28522786
Uničov	0,353285784	0,164634146	0,34375	0,16646416	0,004999842	0,087462025	0,015240882	0,30833927	0,287773431	0,282919422
Valašské Meziříčí	0,334539153	0	0,125	0,09376266	0,382550891	0,438276563	0	0	0,025580104	0,364760097
Vlašim	0,141749121	1	1	1	0,398857529	0,419422303	1	0,90462231	0,009091828	0,985946379
Typ kritéria:	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
Ideální varianta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bazální varianta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 22 - Třetí scénář – Matice užitku

Varianta - Obec	Počet obyvatel v polygonu	Doba trvání dopravy ze skladu	Idex závislosti v kraji	Pr. mzda v kraji	Vzd. od konkurenta A	Vzd. od konkurenta B	Vzd. od konkurenta C	Vzd. od konkurenta D	Vzd. od konkurenta E	Vzd. od konkurenta F	SUMA
Aš	0	0,043360434	0,069444444	0	0,050751698	0,036372468	0,041923239	0,034706754	0,001420454	0,067317127	0,345297
Břeclav	0,235612956	0,021680217	0,027777778	0,04401242	0,061429956	0,038018526	0,001618554	0,00383921	0,001079144	0,001531093	0,4366
Domažlice	0,084102934	0,062330623	0,025462963	0,04788263	0,052133033	0,038021056	0,000871753	0,074074074	0,074074074	0,067709546	0,526663
Dvůr Králové nad Labem	0,102638695	0,046973803	0	0,02944662	0,004255529	0,013001938	0,00021373	0,01890066	0,026205006	0,035213049	0,276849
Havlíčkův Brod	0,095374079	0,054200542	0,016203704	0,01777598	0,001946181	0,041716042	0,00027939	0,000771986	0,037067528	0,033336412	0,298672
Hodonín	0,294714442	0,019421861	0,027777778	0,04401242	0,062644519	0,040147818	0,000741954	0,000145486	0,001196483	0,02845872	0,519261
Hranice	0,151673371	0,008130081	0,025462963	0,01233068	0,028307107	0,026101286	0,038732221	0,030531081	0,00162236	0,000324954	0,323216
Humpolec	0,035589493	0,062330623	0,016203704	0,01777598	0,00145367	0,058158774	0,000864478	0,029056181	0,024828164	0,032832913	0,279094
Kyjov	0,333333333	0,018066847	0,027777778	0,04401242	0,041176368	0,028322426	0,002760954	0,028999782	0,026991661	0,036787769	0,588229
Lanškroun	0,067855557	0,025745257	0,025462963	0,01045558	0,074074074	0,002816427	0,039263492	0,033621933	0,019651237	0,017197608	0,316144
Moravská Třebová	0,074676159	0,027100271	0,025462963	0,01045558	0,048148065	0,004647834	0,028666306	0,034634413	0,021327361	0,032012642	0,307132
Nové Město na Moravě	0,018596646	0,029810298	0,016203704	0,01777598	0,035924909	0,0520506	0,048574391	0,014421612	0,014090503	0,013908354	0,261357
Pelhřimov	0,046060223	0,064137308	0,016203704	0,01777598	0,009493334	0,074074074	0,00299339	0,043270463	0	0,038369953	0,312378
Tachov	0,058699052	0,066847335	0,025462963	0,04788263	0,05992608	0,042845077	0,039108269	0,06150311	0,027171864	0,074074074	0,50352
Uherské Hradiště	0,290519319	0,010388437	0,009259259	0,00694538	0,000668558	0	0,001664305	0,000461909	0,001217688	0	0,321125
Uherský Brod	0,240443658	0,004968383	0,009259259	0,00694538	0	0,004962267	0,027534427	0,00023094	0,02431972	0,02112799	0,339792
Uničov	0,117761928	0,012195122	0,025462963	0,01233068	0,000370359	0,006478668	0,001128954	0,022839946	0,02131655	0,020956994	0,240842
Valašské Meziříčí	0,111513051	0	0,009259259	0,00694538	0,028337103	0,032464931	0	0	0,001894823	0,027019266	0,217434
Vlašim	0,047249707	0,074074074	0,074074074	0,07407407	0,029545002	0,031068319	0,074074074	0,06700906	0,000673469	0,073033065	0,544875

Zdroj – vlastní zpracování

Tabulka 23 - Třetí scénář – Seřazení variant dle užitku

Varianta - Obec	SUMA
Kyjov	0,588229
Vlašim	0,544875
Domažlice	0,526663
Hodonín	0,519261
Tachov	0,503520
Břeclav	0,436600
Aš	0,345297
Uherský Brod	0,339792
Hranice	0,323216
Uherské Hradiště	0,321125
Lanškroun	0,316144
Pelhřimov	0,312378
Moravská Třebová	0,307132
Havlíčkův Brod	0,298672
Humpolec	0,279094
Dvůr Králové nad Labem	0,276849
Nové Město na Moravě	0,261357
Uničov	0,240842
Valašské Meziříčí	0,217434

Zdroj – vlastní zpracování

V komplexním řešení by největší užitek přinesl opět Kyjov. Vlašim se k němu však výrazně přiblížila.

5 Výsledky a diskuse

Navrhovaný postup řešení byl použit ve třech scénářích zohledňujících různé žádoucí a nežádoucí vlastnosti variant. Kompromisní variantou každého z nich je obec Kyjov. Na druhém a třetím místě se vyskytla Vlašim, Domažlice, Hodonín a Břeclav.

V následující tabulce jsou uvedeny popisné charakteristiky kompromisní varianty.

Tabulka 24 - Charakteristiky kyjovské varianty

Počet obyvatel	11 448
Plocha spádové oblasti (km^2)	4 119,729
Počet obyvatel obcí ve spádové oblasti	242 812
Čas dopravy ze skladu (min)	198
Idex závislosti v kraji	23,3
Půměrná hrubá mzda v kraji	32 896 Kč
Vzd. od konkurenta A (km)	42,058
Vzd. od konkurenta B (km)	38,648
Vzd. od konkurenta C (km)	1,523
Vzd. od konkurenta D (km)	17,544
Vzd. od konkurenta E (km)	16,995
Vzd. od konkurenta F (km)	25,493

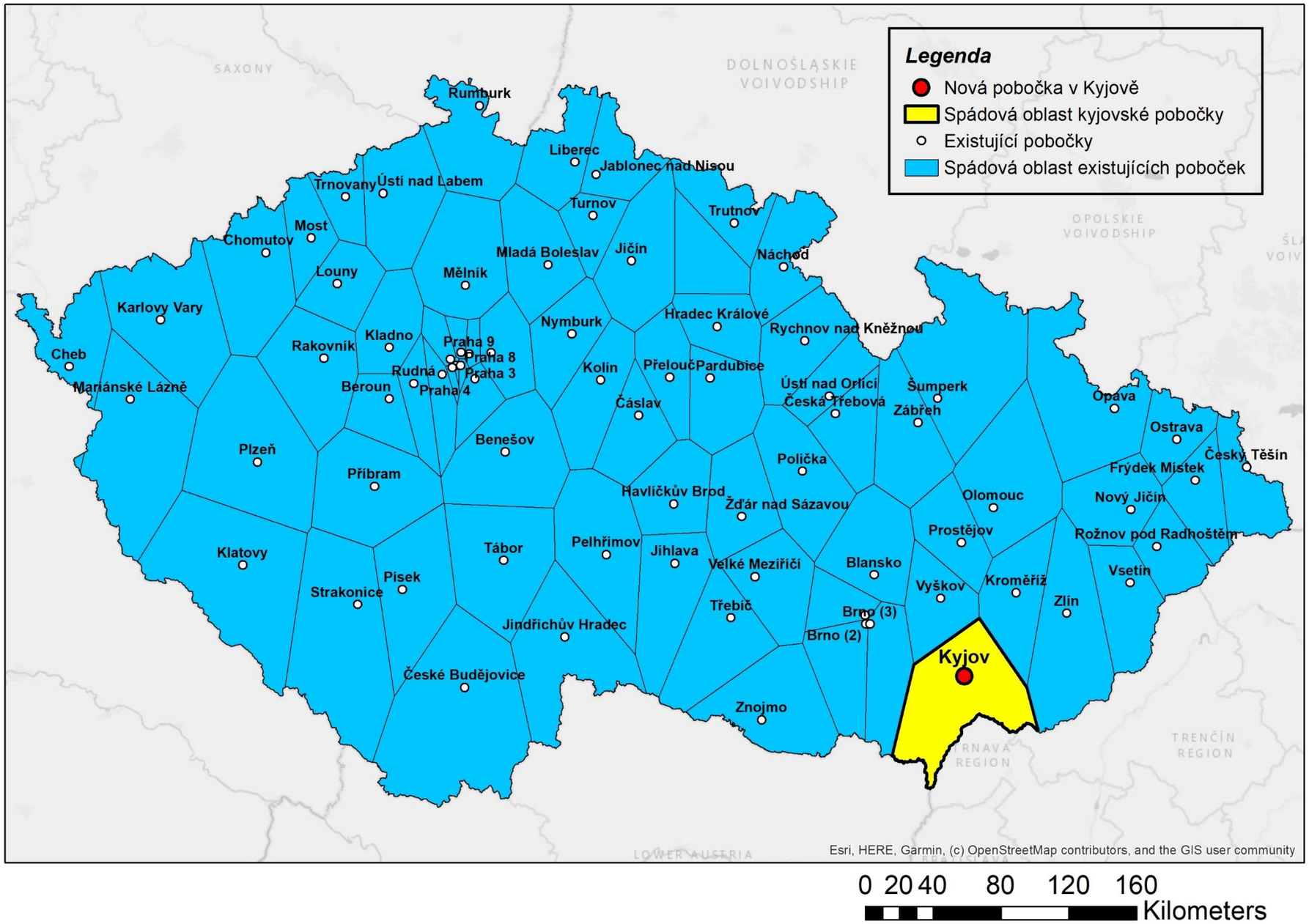
Zdroj – vlastní zpracování

Přestože v Kyjově samotném nežije příliš mnoho obyvatel, v jeho spádové oblasti jich žije nejvíce ze všech variant. Zároveň má nadprůměrnou vzdálenost od konkurenta A, D, E a F i nadprůměrnou měsíční mzdu.

Začleněním Kyjova mezi obce s pobočkou získá společnost přístup na velký trh s nadprůměrně vysokým příjmem obyvatel a může ve svůj prospěch využít absenci čtyř velkých konkurentů. Nevýhodou Kyjova je jeho relativně velká vzdálenost od skladu v Příbrami a relativní blízkost konkurentů B a C.

Mapa na následující straně obsahuje Voroného diagram vycházející z množiny již existujících poboček, ke kterým byl připojen Kyjov.

Obrázek 28 - Výsledný Voroného diagram

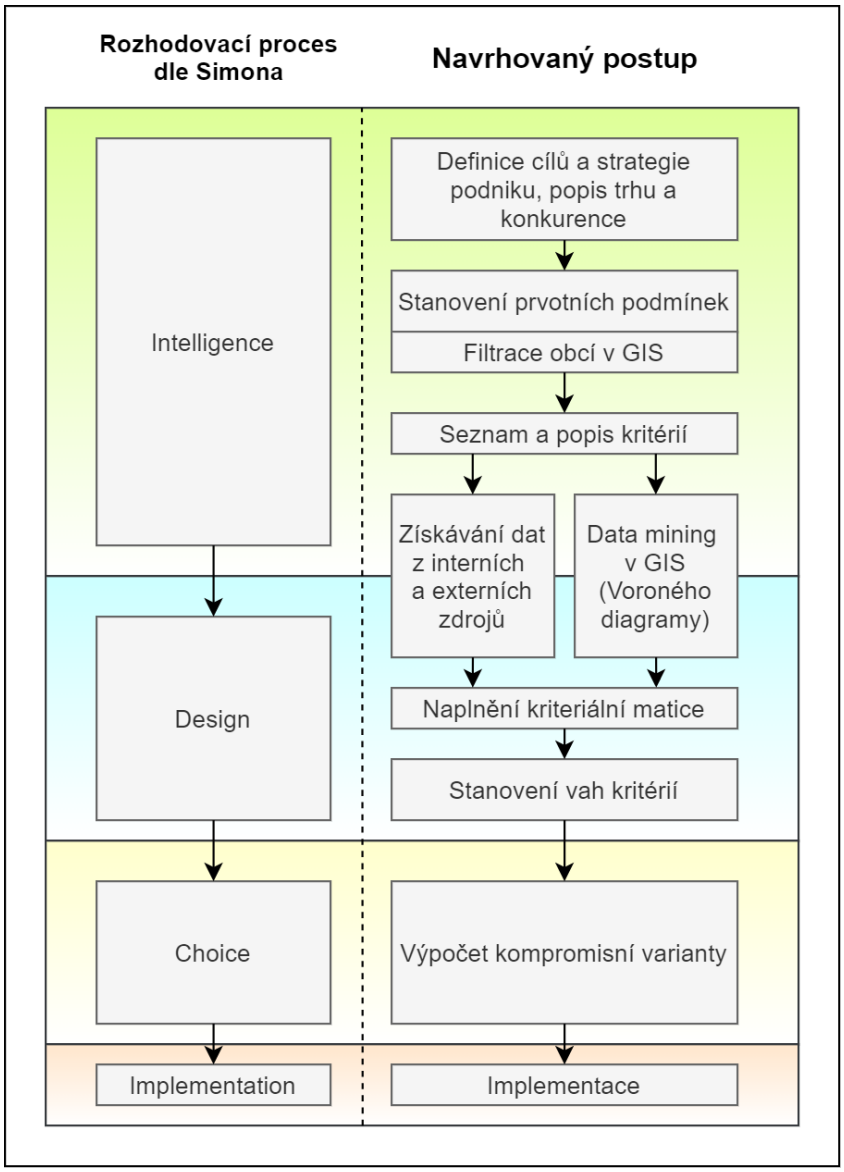


Zdroj – vlastní zpracování

5.1 Navrhovaný postup

Následující diagram zobrazuje základní schéma navrhovaného postupu.

Obrázek 29 - Navrhovaný postup



Zdroj – vlastní zpracování

Každý výběr lokality umístění nové pobočky by měl začínat analýzou vnitřního a vnějšího prostředí, na jejichž základě jsou vytvořeny prvotní podmínky, pomocí kterých je možné poprvé filtrovat vstupní množinu obcí. Filtrace je provedena buď na základě atributů obcí, nebo na základě jejich umístění v prostoru.

Po prvotním omezení množiny obcí je možné vytvořit seznam kritérií, která se mohou, ale nemusí shodovat s prvotními podmínkami.

Získávání dat pro jednotlivá kritéria může být nejsložitější částí celého postupu. Lze je získat z externích zdrojů, což bývá velmi nákladné, nebo je můžeme vypočíst sami – jako v případě konstrukce Voroného diagramů. Fáze získávání dat by mohla být také rozdělena do čtyř základních fází Simonova rozhodovacího procesu, avšak na základní úrovni by patřila do fáze intelligence i do fáze design.

Po naplnění kriteriální matice získanými daty je nutné stanovit váhy kritérií zvolenou metodou. Nakonec následuje samotný výpočet kompromisní varianty, která může být později implementována.

Výhodou navrhovaného konceptu je skutečnost, že není limitovaný předmětem podnikání firmy – mohou jej využít firmy poskytující jakýkoliv produkt či službu. Zároveň dává rozhodovatelům možnost využít velkého množství nástrojů GISů pro získání hodnotných a jinak nedostupných informací. Samotná vícekriteriální analýza variant umožňuje uživateli využít různorodé informace, a tudíž podporuje interdisciplinaritu, která snižuje riziko zanedbání vlivných faktorů.

Předkládaná metodika zároveň umožňuje rozhodovatelům vytvářet mnohé scénáře, které mohou reflektovat různé aspekty strategie firmy. Některá kritéria mohou být někdy považována za maximalizační, jindy za minimalizační. Například kritérium minimální vzdálenost od pobočky konkurenta může být považováno za minimalizační v momentě, kdy je pro vedení společnosti žádoucí soupeřit s konkurenty v místě jejich poboček.

V dobách ekonomické recese, jako je současné období pandemické krize, lze tento koncept snadno využít i k nalezení řešení situací, ve kterých se vedení společnosti snaží určit, kterou z jichž existujících poboček by bylo vhodné zrušit. Vstupní množinou variant by v takovém případě byly obce, ve kterých již pobočky existují. Cílem by bylo nalézt nejvíce prodělečnou pobočku.

Podle aktuálních odhadů ČNB by však nadcházející růst HDP měl navrátit českou ekonomiku do předpandemických kolejí. Lze tedy aspoň z dlouhodobé perspektivy počítat s tím, že bude pro firmy výhodné spíše pobočky zakládat než je rušit (ČT24 2021).

6 Závěr

Práce se zabývala tvorbou konceptu podpory rozhodování pro situace, ve kterých je nutné zřídit novou pobočku v požadované oblasti. Navrhovaný postup řešení byl názorně použit pro nalezení vhodné lokality nové pobočky firmy CZC.cz.

Praktická část práce nejprve představila předmětnou společnost a její cíle. Z nich byly odvozeny prvotní podmínky, které slouží k základní filtraci objemného množství obcí, přičemž obce, které je splňují všechny, jsou přípustnými variantami vstupujícími do následné vícekriteriální analýzy variant.

Ta byla provedena pro tři oddělené scénáře, které zohledňují různá zaměření vedení společnosti. První se soustředí na konkurenci, druhý na ekonomicko-demografický charakter obcí a třetí je sloučením přístupů obou předchozích. Jelikož třetí scénář představuje nejkomplexnější řešení, jím nalezená kompromisní varianta by byla doporučena společnosti, kdyby s ní autor spolupracoval.

Na konci byly popsány důsledky začlenění kompromisní varianty do množiny existujících poboček a bylo představeno základní schéma doporučovaného postupu, které znázorňuje klíčové kroky, které vedou k dosažení výsledku.

7 Seznam použitých zdrojů

- ALBRECHT, J.: Universelle GIS-Operationen. [nepublikovaná doktorandská dizertační práce], 1995, Vechta
- AURENHAMMER, F.: Voronoi diagrams – survey of a fundamental geometric data structure. ACM Computing Surveys, 1991, ISBN 978-9814447638.
- BAYER, T.: Voronoi diagram [online], Přírodovědecká fakulta UK, [cit. 30.12.2020]. Dostupné z: https://web.natur.cuni.cz/~bayertom/images/courses/Adk/adk6.pdf
- BENEŠ, P.: Voroného diagramy v molekulární chemii, diplomová práce, Masarykova univerzita, 2006.
- BROŽOVÁ, H, HOUŠKA M. a ŠUBRT, T. Modely pro vícekriteriální rozhodování. Praha: Credit, 2003. ISBN 978-80-213-1019-3.
- BROŽOVÁ, H., ŠUBRT, T. a HOUŠKA, M. Modely pro řízení znalostí a podporu rozhodování. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1633-1.
- ČSÚ – Index závislosti v ČR a Praze [online]. Český statistický úřad [cit. 25.12.2020]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/6b004993bd
- ČSÚ – Mzdy v krajích ČR [online], Český statistický úřad [cit. 25.12.2020]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/xb/mzdy-v-krajich-cr
- ČT24 – ČNB zlepšila odhad růstu ekonomiky pro letošní rok na 2,2 [online]. [cit. 20.03.2021]. Dostupné z: https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/3264860-rada-cnb-ponechala-urokove-sazby-beze-zmeny
- Delaunay Triangulation [online] [cit. 30.12.2020]. Dostupné z: https://towardsdatascience.com/delaunay-triangulation-228a86d1ddad
- DUCKWORTH, W. E., GEAR, A. E., LOCKETT, A. G. A Guide to Operational Research. Springer Netherlands, 1977, ISBN 978-94-011-6910-3.
- Esri – History of GIS | Early History and the Future of GIS. [online]. [cit. 21.1.2021] Dostupné z: https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/history-of-gis
- FÁBRY, Jan. Matematické modelování. Praha: Professional Publishing, 2011. ISBN 9788074310669.
- GALLIER, J.: Notes on Convex Sets, Polytopes, Polyhedra, Combinatorial Topology, Voronoi Diagrams and Delaunay Triangulations [online], 2009, [cit. 30.12.2020] dostupné z: https://arxiv.org/abs/0805.0292.

- GEORGE P. L., BOROUCHAKI H., Delaunay triangulation and meshing: 1. vyd. Paris, Hermes, 1998, ISBN 2-86601-692-0.
- JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-42-8.
- KLEIN, R. Concrete and Abstract Voronoi Diagrams, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1989, ISBN 0-387-52055-4.
- KLIMEŠOVÁ, D. Geografické informační systémy a zpracování obrazů. Vyd. 2. Praha: Credit, 2001. ISBN 9788021308343.
- KONEČNÝ, Milan. Úvod do geografických informačních systémů. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985.
- MAŇAS, Miroslav. Matematické metody v ekonomice. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1991.
- MARKOVIC, I. Decision-Making Process. Home | Transforming your business for Digital Era [online]. 2021 [cit. 09.01.2021]. Dostupné z: https://unitfly.com/blog/decision-making-process/
- OKABE, Atsuyuki. Spatial tessellations: concepts and applications of Voronoi diagrams. 2. vydání. Chichester: Wiley, 2000. Wiley series in probability and statistics. ISBN 0-471-98635-6.
- OSBORNE, M. J., RUBINSTEIN, A. A course in game theory. MIT Press, 1994. ISBN 0-262-15041-7.
- PECHANEC, V. Nástroje podpory rozhodování v GIS. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006. ISBN 80-244-1553-4.
- PUTERMAN, M. L. Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming. John Wiley & Sons, 1994. ISBN 0-471-72782-2.
- SHARMA, J. K.: Operations Research: Theory and Applications. 6. vydání. Trinity Press, 2017. ISBN 978-93-85935-14-5.
- SINHA, S. M.: Mathematical Programming: Theory and Methods. Elsevier Science, 2006. ISBN 978-8131203767.
- ŠUBRT, T. a kolektiv. Ekonomicko-matematické metody. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.
- ŠUBRT, T., BROŽOVÁ, H., DÖMEOVÁ, L., KUČERA, P. Ekonomicko matematické metody II: aplikace a cvičení. Vyd. 2. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 80-213-0721-8.

- THIESSEN, A. H.: Precipitation averages for large areas. Monthly Weather Review, 39(7): 1911
- TOLLINGEROVÁ, D. GIS. Geografické informační systémy. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996. Phare. ISBN 80-7078-377-x.
- VOŽENÍLEK, Vít. Geografické informační systémy I: pojetí, historie, základní komponenty. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998. ISBN 80-7067-802-x.
- ZÍSKAL, J., HAVLÍČEK, J. Ekonomicko matematické metody: studijní texty pro distanční studium. Vyd. 2. Praha: Credit, 2010. ISBN 978-80-213-0664-6.

8 Přílohy

Příloha 1 – GPS souřadnice poboček

CZC.cz				Alza.cz - Konkurent A		Elektro World - Konkurent B		Datart - Konkurent C						OKAY.cz - Konkurent D				Planeo - Konkurent E				T.S.Bohemia - Konkurent F	
Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka	Z. šířka	Z. délka
49.783668	14.688084	50.036254	15.773104	50.082931	14.421801	49.1394586	16.6315115	49.7567025	18.0161889	48.946883	16.3121142	50.103942	14.502879	50.551257	13.771601	50.4349067	14.909121	50.0257341	14.5213928	50.1475303	16.0697367	49.60357	17.2772304
49.964893	14.073657	49.430979	15.224024	50.077604	14.461208	49.1894391	16.6128004	49.1765718	16.5671325	50.4101904	14.9347126	50.050379	14.2929956	50.776170	14.216520	50.2545738	14.5264063	50.1765932	14.669604	49.9411911	12.7088685	49.5522638	17.7360774
49.360568	16.644316	49.310446	14.142627	50.042312	14.446676	49.154253	16.6278321	48.7662234	16.8892052	49.0583611	15.7971368	49.4333	17.1167	50.536450	14.146000	50.178395	15.0435998	50.1263905	14.1242861	50.175599	12.6687157	49.8270483	18.2529062
49.221368	16.595967	49.749566	13.373595	49.220825	16.518504	49.0000796	14.4514979	50.1620724	14.7541663	50.4914522	13.6527856	49.4521701	17.4563763	50.599440	13.617190	50.1348128	15.097761	50.1311513	14.1166363	49.0044998	14.4484809	49.84545	16.95385
49.191771	16.599864	49.717351	16.264717	49.177170	16.566662	50.006255	14.5730063	48.9897019	14.4744519	50.2606696	14.5202182	49.6978907	14.0169695	50.512400	13.647880	50.1117194	14.6809039	50.0025652	14.6596415	50.3600354	16.14662	49.9384038	17.9117863
49.190976	16.621856	50.079605	14.428800	49.192753	16.618135	50.1905163	15.8034393	48.9891266	14.4754003	50.7668871	14.5400292	49.4582097	18.1423654	50.660600	13.851420	49.6921674	13.9983218	50.3555265	14.4828958	49.9443458	16.1622052	49.597125	18.145300
49.908683	15.395505	50.033419	14.527851	48.991548	14.469637	50.226342	12.8235166	49.7453862	18.6221933	49.599097	18.010513	50.179279	12.661176	50.694890	13.983140	49.6975802	14.0251263	49.9515625	14.0429463	49.5562666	15.9498545	50.092520	17.688884
49.914487	16.438799	50.071910	14.406501	50.770317	14.205462	50.7760881	15.028224	49.0803419	15.420107	50.1880761	15.0440666	49.235522	13.522911	50.3223778	13.5284682	50.1093472	13.7380867	50.2266381	14.879079	50.4232375	16.1897725	49.987102	17.462259
48.970979	14.472100	50.047633	14.353735	49.680969	18.347437	50.4095615	14.9410854	50.7721425	14.2175414	49.6030371	17.2786373	49.7560035	16.4672443	48.7817735	16.9023993	49.9932729	14.4886666	50.4237947	14.2384853	48.8256652	14.3350204	49.210221	16.589991
49.731997	18.619340	50.099684	14.397156	50.215334	15.818897	49.5727962	17.2255745	50.774465	14.190502	49.600785	17.225908	49.9657101	16.9708719	49.1823354	16.666373	50.0782026	12.3787185	50.4247438	14.91052	50.0810891	12.3791618	49.174239	16.603402
49.686591	18.347086	50.123703	14.453048	50.461122	13.415061	49.8280243	18.2015281	49.4393214	12.9378163	49.5953963	17.2509374	49.4102802	14.6838447	49.2170681	16.6084079	50.2188692	12.8059016	50.53348	14.1318	49.9116403	16.4385145	48.866599	16.035435
49.605484	15.581141	50.118110	14.497865	49.401570	15.587435	49.8826	16.87223	50.4294964	15.8157569	49.586800	17.257894	50.647519	13.825493	49.2254906	16.5377791	50.176252	12.6781863	50.1037	13.7334	49.753514	16.477162	48.769562	16.890001
50.121496	14.611610	49.472350	17.106302	50.233976	12.849598	50.0339153	15.7522249	49.5443974	18.216871	49.9407708	17.9009944	50.6400868	13.8245597	49.2093172	16.6479114	49.6170059	15.5728487	50.020628	15.2110575	50.2142711	12.2018693	49.224473	17.659179
50.211720	15.812729	50.039106	15.560015	50.134029	14.139609	49.701051	13.4258382	49.6817963	18.3494695	49.944920	17.924586	50.6591072	13.8631548	49.1721227	16.6249175	49.4097168	15.5777487	50.5168054	14.9738364	49.7747242	16.9343365	49.071962	17.458309
50.074952	12.374157	49.665915	13.995344	50.027663	15.199713	49.7451189	13.4393925	49.6792636	18.3718568	49.8710712	18.4253533	50.577034	15.894503	48.8524697	17.1163697	49.2004559	15.8908505	49.70082	14.9038686	48.847206	16.047874	49.898798	16.445312
50.461427	13.419361	50.103243	13.725915	50.768853	15.060047	50.0477745	14.3544928	49.5916988	18.3576578	49.803593	18.260544	49.671107	18.6835872	49.2969041	16.5492661	49.2043442	15.887384	49.6717497	13.9875312	49.1774705	16.5668256	49.973264	16.393049
50.724434	15.169368	49.458886	18.142617	50.343621	14.487548	50.0539489	14.2867522	49.605133	15.579809	49.8322326	18.2863858	49.0695632	17.4731808	49.2737134	16.9932556	49.28838	16.22742	50.6965347	14.5430095	49.2218267	16.6254201	49.399951	15.586468
50.433699	15.358165	50.017191	14.201909	50.410560	14.916887	50.1102019	14.5839323	49.7612187	15.9108195	49.8373898	18.2609663	49.7774167	17.1208437	48.837344	16.0654187	49.3487712	16.01911	49.9608462	15.2791293	49.1739527	16.5820346	49.559317	15.938718
49.401055	15.587654	50.955158	14.552074	50.498579	13.638107	49.2033163	17.5678388	50.2205482	15.8338856	50.4860087	13.4459226	50.6579832	14.0403687	49.9976338	17.4773875	49.5571516	15.9487796	50.6778199	14.0366707	49.4736092	17.0778552	50.2018041	15.8332227
49.145950	15.004000	50.163355	16.275466	49.587978	17.243772			50.199685	15.844427	50.036489	15.7698583	49.4703548	17.9703038	49.7464088	18.6086175	50.1905163	15.8034393	50.5102483	13.6521914	49.2745046	16.9893756	50.212252	15.8124638
50.233889	12.859197	49.257852	13.905026	49.944263	17.904078			50.2110301	15.8092511	49.440866	15.2061628	50.9113841	14.6228272	49.6711663	18.3298063	50.2180058	15.8364555	50.640586	13.824607	49.5726389	17.2237014	50.7688135	15.060042
50.139675	14.072652	49.966034	16.981104	49.832500	18.263842			49.5390517	15.3666108	49.3037559	14.1390591	49.3487673	16.0234147	49.6814713	18.3774578	50.3449427	15.906594	50.7658783	14.5453662	48.7992147	16.6316633	50.7245113	15.1786288
49.395122	13.294942	49.411113	14.678112	50.046027	14.448013			50.0828077	12.3835683	49.7283795	13.3462468	49.7747719	17.7538587	49.7883551	18.4443025	50.4249186	16.1919343	50.5790822	15.1562356	49.9804966	17.4643374	50.9212126	15.0741563
50.029613	15.193872	50.649336	13.841213	50.031266	14.533987			49.993226	16.226607	49.747495	13.392938	49.3397341	17.9934894	49.8555928	18.5305977	50.5696544	15.8988879	50.771565	14.2057787	49.4496056	17.4720579	50.585099	15.1561519
49.299419	17.397876	50.561276	15.902991	50.074328	14.403546			50.4614704	13.414879	49.753004	13.358404	50.1206391	14.6002548	50.0884347	17.6943212	50.6202119	15.6195941	50.4304218	15.3588847	49.2861979	17.3890111	50.077078	14.421257
50.766171	15.057338	49.212442	15.885232	50.044105	14.331538			49.948184	15.790885	49.747962	13.411612	49.3628972	14.7047757	49.5998462	18.0120179	49.2848503	17.3909635	50.4834113	13.4426894	50.08967	17.70385	50.105325	14.567804
50.356982	13.796539	50.586980	15.154402	50.100081	14.391623			50.7226434	15.1671118	50.065199	14.323555	49.9535274	16.16064	49.9447867	17.9271708	49.078275	17.45601	49.7451799	13.4412732	48.7662234	16.8892052	50.119825	14.460878
49.963614	12.699151	50.660937	14.040150	50.122951	14.607786			50.723945	15.170013	50.056408	14.434466	49.8812103	16.8773757	49.9319176	17.9178063	49.0203563	17.63805	49.3935042	14.6878702	48.857703	17.138148	50.062107	14.446356
50.350941	14.477852	49.974696	16.405602	50.034304	15.760440			49.3929999	15.5941943	50.109044	14.574481	50.2627945	17.3965012	49.8288726	18.2806163	49.476505	17.9643474	50.7740962	15.0244889	49.5582988	17.7430838	50.6374274	13.8099915
50.420768	14.914401	49.354858	16.012307	49.749911	13.380531			50.2283256	12.834762	50.026592	14.494671	49.2198312	17.6413949	49.7702656	18.2480143	49.574835	17.226182	50.7162659	15.1598809	49.2012498	17.5354389	49.7369599	13.3870817
50.510874	13.658268	50.079780	14.451576	49.469918	17.110495			50.1342917	14.0939056	50.101875	14.432180	49.207979	17.586840	49.8268184	18.2031515	49.5744685	17.2244657	49.701051	13.4258382	49.0782517	17.4534475	48.8236044	14.3297873
50.413677	16.163443	49.333321	18.001775	49.670897	13.989051			49.3955236	13.2952158	50.067786	14.469492	49.2280507	17.6611513	49.8335988	18.26825	49.4642116	17.4458319	50.3841916	13.2684572	49.2373488	17.686285	50.2335842	12.8454839
49.586095	18.005780	49.279983	16.997796	50.100081	14.448597			49.382994	13.296473	50.072421	14.443507	49.2268907	17.668389	49.6741913	18.6602375	49.4630449	17.1191065	50.9138468	14.612405	49.6019568	18.0049325		
50.186694	15.039959	49.883896	16.876748	49.410862	14.682683			50.0247954	15.2132337	50.103269	14.491926	48.854344	16.070928	50.6886228	14.5186726	49.4818135	17.1256825	49.2977821	14.1584349	49.4841588	17.9639713		
49.592471	17.275184	49.228003	17.665994	50.663016	14.033171			50.0843385	16.7602634	50.066940	14.460494	49.179097	16.606202	50.7357263	15.1609225	49.4691878	17.1305088	50.6070262	15.5095556	49.8492444	18.1455958		
49.932704	17.919003	48.858085	16.049160	50.255318	14.365240			49.9330561	18.000965	50.082065	14.417585	49.244142	16.588977	50.7737915	15.0266405	49.4840847	17.1260548	50.0553978	15.7632249	49.3313789	18.0044613		
49.826927	18.249780	49.561427	15.941432	50.179202	14.444722			49.292748	17.406220	50.026743	14.432878	49.156151	16.627820	50.7688135	15.060042	49.711944	17.2925604	49.4302039	15.2270539	49.5980413	18.1424225		
				49.222825	17.657650			49.0012554	17.1067376	50.130991	14.422630	49.194883	16.611325	48.9935359	14.4719513	49.9747129	16.9767363	50.0240019	15.7792072	49.8019416	18.2250874		
								50.766845	15.055183	50.142742	14.507636	48.775016	16.892822	49.1538568	14.9970742	49.8765484	16.8879408	49.2636803	14.7145362	49.4602855	18.1280378		
								50.745798	15.041894	50.093971	14.292680	48.852982	17.125987	49.3001627	14.140163	49.7529648	13.3767101	50.2181165	15.829788	49.6775438	18.3693863		
								50.5344567	14.1312277	50.078609	14.435033	49.101213	16.376863	49.26377	13.8928535	49.7252171	13.3461607	49.2152997	14.4203274	49.8783137	18.4324973		
								49.699075	17.0724905	50.055563	14.515733	49.302647	16.531299	50.0034551	14.57419	50.1221279	14.5071948	49.945981	15.809438	49.7695718	18.4472119		
								50.4140339	14.9090374	50.088221	14.428497	48.946735	16.312274	50.1317618	14.112594	50.0591865	14.5590023	49.2528127	13.9142234	49.854870	18.529968		
								49.9633276	12.7009157	50.072283	14.543169	49.181995	16.389757	50.0153251	15.221651	50.0433924	14.5686329	49.3991989	15.5665597	49.7399551	18.6194175		
								50.3603573	14.4703208	50.039935	14.458144	48.952812	17.381217	49.9620206	15.2818103			50.5714505	15.8924138	49.673268	18.6596089		
																		49.148509	15.004788				

Zdroj – webové stránky společností