

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Informační systémy v rostlinné výrobě

Matěj Dostál

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Matěj Dostál

Podnikání a administrativa

Název práce

Informační systémy v rostlinné výrobě

Název anglicky

Information systems in crop production

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku informačních systémů v zemědělství. Hlavním cílem je charakterizovat informační systémy v rostlinné výrobě a jejich ekonomickou rentabilitu. Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- charakterizovat obecně používané informační systémy v rostlinné výrobě,
- komparovat vybrané výrobce a jejich řešení
- analyzovat finanční stránku, rentabilitu, návratnost těchto systémů.

Metodika

Metodika řešení problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Vlastní řešení je realizováno komparací a následným vyhodnocením dat vycházejících od vybraných výrobců. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků vlastního řešení budou formulovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

Informační systémy, Informační technologie, Zemědělství, Smart Agriculture, Precision farming, Agriculture Technology

Doporučené zdroje informací

- BRANT, V. – KROULÍK, M. – KRČEK, V. – KRÁSA, J. – KAPIČKA, J. – HAMOUZ, P. – LUKÁŠ, J. – ZÁBRANSKÝ, P. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. – ŠKEŘÍK, J. – JOB, Z. – LANG, J. – PETRUS, D. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, – AGRA ŘISUTY (FIRMA). *Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby*. České Budějovice: Kurent, s.r.o., 2020. ISBN 978-80-87111-81-9.
- INFORMAČNÍ SYSTÉMY V ZEMĚDĚLSTVÍ A LESNICTVÍ (16. : 2010 : PRAHA, ČESKO), – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. *ISZL/ Future Farm 2010 : sborník z mezinárodní konference*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. ISBN 978-80-213-2087-1.
- KUMHÁLA, F. – GUTU, D. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA. *Technologie řízených přejezdů po pozemcích : uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, 2013. ISBN 978-80-213-2425-1.
- ZHANG, Q. *Precision agriculture technology for crop farming*. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 9781482251081.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Jarolímek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 10. 8. 2021

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Informační systémy v rostlinné výrobě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Janu Jarolímkovi, Ph.D, za odborné vedení, vstřícnost, ochotu a trpělivost při psaní této bakalářské práce.

Informační systémy v rostlinné výrobě

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na využití informačních systémů v zemědělství, konkrétně v rostlinné výrobě. Hlavním cílem je analyzovat návratnost vybraného systému a komparovat řešení vybraných výrobců.

Teoretická část se skládá z charakteristiky pojmů, které jsou nutné pro správné pochopení části praktické. Jedná se o zemědělství jako celek, a především precizní zemědělství a jeho využití.

Praktická část je zaměřena na vybraný systém precizního zemědělství, na telematiku a správu dat. Základem je analýza tří vybraných výrobců a jejich následná komparace pomocí modelů vícekriteriálního rozhodování. Následně byl proveden výpočet návratnosti systému telematiky a správy dat na příkladu konkrétní farmy.

Závěr práce představuje shrnutí komparace a výsledky finanční analýzy.

Klíčová slova: zemědělství, ICT, informační systémy, precizní zemědělství, Smart agriculture, správa dat, telematika, GPS, mobilní sítě

Information systems in crop farming

Abstract

This bachelor's thesis aims at usage of information systems in agriculture, especially in crop production. Main goal is to analyse return of the system and compare three different producers of this technology.

Theoretical part explains basic concepts needed to fully understand the practical part of the thesis. It contains whole agriculture and more importantly precision agriculture and its usage.

Practical part is focused on one system of precision agriculture, on telematics and data management. Firstly, there is an analyse of three manufacturers and comparison of their products. Main goal was achieved by financial analyse on return of the system. Return was calculated on example of the real farm.

In the end, there are results and recapitulation of the practical part and the overall conclusion.

Keywords: Agriculture, ICT, Information systems, Precision agriculture, Smart agriculture, data management, telematics, GPS, mobile network

Obsah

1 Úvod	11
2 Cíl práce a metodika	12
2.1 Cíl práce.....	12
2.2 Metodika.....	12
3 Přehled řešené problematiky	13
3.1 Informační systémy a technologie	13
3.1.1 Informační systém (IS).....	13
3.1.2 Informační a komunikační technologie.....	14
3.1.3 Vznik IS a jeho zavedení.....	15
3.2 Zemědělství.....	16
3.2.1 Zemědělství v České republice	16
3.2.2 Rostlinná výroba	18
3.2.3 Živočišná výroba.....	19
3.3 Precizní zemědělství.....	20
3.4 GPS.....	21
3.4.1 Princip a popis systému	21
3.4.2 GPS v zemědělství	21
3.4.3 CTF	23
3.4.4 Postřik a ochrana rostlin	24
3.4.4.1 Aplikační mapy.....	24
3.5 Traktory	25
3.5.1 ISOBUS.....	26
3.5.2 Souvrat'ový management	26
3.6 Sklizeň.....	27
3.7 Telematika a zpracování dat	28
3.8 Robotizace a autonomizace zemědělství.....	29
3.9 Analýza vícekriteriálního rozhodování	29
4 Vlastní práce	30
4.1 Řešení vybraných výrobců	30
4.1.1 John Deere	31
4.1.2 Fendt.....	34
4.1.3 Claas	36
4.2 Model vícekriteriálního rozhodování	38
4.2.1 Stanovení kritérií.....	38
4.2.2 Váhy kritérií.....	39
4.2.3 Metoda pořadí.....	40

4.2.4	Metoda bodovací	41
4.3	Analýza rentability systémů precizního zemědělství.....	42
4.3.1	Použitá data	42
4.3.2	Rentabilita a návratnost.....	44
4.3.3	Výpočet návratnosti pro farmu	45
5	Výsledky a diskuse.....	46
6	Závěr	48
7	Seznam použitých zdrojů	49
8	Přílohy.....	51

1 Úvod

Pro dnešní dobu je charakteristická velká rychlost, přesnost a snaha o maximální efektivnost ve všech sférách lidského působení. Všechny tyto znaky reprezentují informační systémy a technologie. Ty jsou považovány za hlavní motor dnešního rozvoje, který posouvá celou společnost kupředu.

V obecném podvědomí je zemědělství v důsledku relevantních informací vnímáno jako konzervativní obor lidské činnosti. Skutečnost je ovšem taková, že právě oblast zemědělství je v posledních desetiletích velmi dynamicky rozvíjena. Důvody jsou od geopolitických až po ekonomické. S růstem populace je nutné stále zvyšovat produkci potravin a surovin. Na druhé straně dochází k zastavování hlavního výrobního prostředku – půdy. Je tedy vyvíjen velký tlak na intenzifikaci prostředků, které jsou v zemědělství k dispozici, a k tomu slouží ve velké míře informační technologie a systémy. Mnoho těchto technologií bylo převzato ze zemědělství do ostatních odvětví nebo se rozšířilo mezi běžnou populaci.

V zemědělství se vytvořil v posledních letech zcela nový směr a přístup k hospodaření, tzv. precizní zemědělství. Tento přístup vychází z použití moderních technologií, sběru dat a individuálního přístupu ke všem pozemkům. Základem je přesné určení místa, spojené s daty o půdě či daných pozemcích v daném bodě. Tyto informace jsou následně podklady pro vytvoření rozsáhlé databáze informací, se kterými je následně možné pracovat. Dnešní zemědělská technika umožňuje s výsledky a podklady pracovat a v jednotlivých agrotechnických zásazích je převést do praxe, na pole. Nedílnou součástí precizního zemědělství je práce se softwarem, který slouží pro již zmíněné zpracování, vyhodnocování a správu. S nástupem a implementací principů precizního zemědělství je dosahováno lepší a efektivnější zemědělské produkce, a to z pohledu ekonomického, ekologického, technického. Tento směr také reaguje na současné otázky a problémy zemědělství. Jde především o úbytek půdy, z důvodu zastavování či její degradace, výrazný odliv pracovníků do jiných oborů a stále se měnící, proměnlivé počasí a klimatické podmínky.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku informačních systémů v zemědělství. Hlavním cílem je charakterizovat obecně používané informační systémy a technologie v rostlinné výrobě a následně analyzovat jejich ekonomickou stránku. Pro lepší organizaci lze rozložit hlavní cíl na cíle dílčí:

- Charakterizovat obecně používané informační systémy v zemědělství
- Komparace a analýza řešení vybraných výrobců
- Vyhodnocení analýzy po finanční stránce (počáteční investice, návratnost, náklady na provoz)

2.2 Metodika

První, teoretická část, se zabývá charakteristikou informačních systémů a technologií v zemědělství. Budou zde rozebrány informační systémy používané ve strojích jednotlivých operací v rostlinné výrobě, tedy v traktorech, postřikovačích a sklizňových strojích. Dále bude odůvodněno používání těchto technologií a z nich plynoucí výhody. Tato část poskytne základní přehled nejpoužívanějších informačních systémů v tomto odvětví zemědělství, a bude vycházet především ze studia a analýzy odborných informačních zdrojů.

V praktické části budou stručně charakterizováni vybraní výrobci, kteří nabízejí řešení dané problematiky. Dalším předmětem bude analýza jejich řešení. Jaké mohou poskytnout možnosti pro jednotlivé zemědělské operace nebo jestli nabízejí propojení svých systémů s jiným výrobcem. Dalším úkolem bude analyzovat technologie z finanční stránky. Jaká je počáteční investice, provozní náklady, jako například poplatky za signál GPS, doba podpory aktualizací zakoupeného softwaru nebo možnosti sběru a správy dat. Zisk dat bude realizován z nabídkových materiálů jednotlivých výrobců na internetu a z rozhovorů s produktovými specialisty na jednotlivé technologie u prodejců dané značky. Dále zde budou zahrnuty informace od samotných zemědělců, kteří s danými technologiemi pracují v praxi. Praktická část, ale i celá bakalářská práce by měla poskytnout ucelený pohled na informační systémy a technologie v rostlinné výrobě a komparace řešení vybraných výrobců může pomoci při předvýběru dodavatele těchto technologií pro zemědělce.

3 Přehled řešené problematiky

3.1 Informační systémy a technologie

Dnešní svět je charakterizován velikou rychlostí a kladeným důrazem na efektivnost. V zemědělství tomu není jinak. Řešením této problematiky se zabývají informační systémy a technologie, které se v nějaké míře vyskytují v každém zemědělském podniku či firmě. Informační systémy a technologie tvoří dnes základní stavební prvek každého podniku. V hlavních činnostech podniku se již není možné bez nich prakticky obejít, a proto je důležité věnovat této problematice zvláštní pozornost. Možnosti jejich využití jsou velmi rozsáhlé a různorodé.¹

Pro maximální efektivnost zemědělství je nutné získat velké množství dat z jednotlivých zemědělských operací a strojů. Tato data je pak nutné zpracovat a vytvořit pro praxi využitelný výstup. Ke správnému porozumění a interpretaci dat slouží informační systémy.

3.1.1 Informační systém (IS)

Interpretace dat, které z informačního systému vystupují, pomáhají uživatelům při rozhodování a dalším směřování. K výstupu jsou nezbytné informace na vstupu, které může systém zpracovat. Zjednodušeně lze informační systém chápat jako systém, který zpracovává informace o chování podniku, respektive jak jsou jeho vstupy transformovány na výstupy.¹

Definici informačního systému nelze přímo určit, ale podle Hindlse a Holmana z roku 2003 zní: „*Informační systém představuje konzistentní uspořádanou množinu komponent spolupracujících za účelem tvorby, shromažďování, zpracování, přenášení, rozšiřování informací. Komponenta je tvořena jedním nebo více prvky.*“¹

Informační systém se skládá z několika prvků. Hlavními složkami jsou hardware, software, informační technologie a lidská složka. Hardware je označení pro širokou škálu zařízení a hmotného vybavení včetně jejich příslušenství, např. počítač. Software představuje nehmotnou stránku IS, která běží na hardwaru. Jedná se o programové vybavení, např. operační systém nebo speciální aplikace na správu dat. Do informačních technologií se řadí postupy a metody, pomocí kterých se pracuje s informacemi a daty. Dalším prvkem je lidská složka. Doucek (2007) uvádí, že lidskou složku lze rozdělit na dvě hlavní skupiny – uživatele a IT personál. Uživatelé představují prvek vně systému. Zadávají data, pracují s nimi a přijímají výstupy. Do IT personálu spadá ten, který pro svoji činnost potřebuje specifické znalosti o tvorbě, nasazení a provozu informačního systému. Dalším, ale neméně důležitým prvkem jsou data, která lze definovat jako *formalizovaný záznam lidského poznání pomocí symbolů (znaků), který je schopný přenosu, uchování, interpretace či zpracování.*¹

Informační systémy se liší svou velikostí, účelem nebo způsobem interpretace dat. Jiný systém bude používat velká IT firma s mnoha zaměstnanci a malý zemědělec s pár hektary. Informační systém by vždy měl být zaměřený na konkrétní podnik, a to velikostí, oblastí působení či obtížností provozu a správy.

Po uvedení systému do praxe se v podnicích setkáme s tzv. repetitivními procesy, tedy stále se opakujícími po nějakém čase. Většinu z těchto procesů je možné zautomatizovat a přenechat pouze softwaru.

3.1.2 Informační a komunikační technologie

Informační a komunikační technologie (zkratkou ICT, z anglického Information and Communication Technologies) jsou nástroje pro přenos a práci informací. Pod tímto pojmem si lze představit veškeré prostředky, které mohou být použity. V dnešní rychlé době se s ICT setkáváme běžně. Tyto prostředky jsou využívány k zrychlení a usnadnění práce a soukromého života uživatelů. Najdeme je po celém světě, v každé oblasti lidského podnikání a působení. Charakteristickým znakem je rychlý vývoj a posun, tudíž poskytují široké možnosti využití.²

Sektor ICT hraje důležitou roli v každém odvětví. Spadají do něj např. počítače, mobilní telefony, ale také internet nebo telekomunikační sítě. Pokud chce podnik zůstat konkurenceschopný, je na něj vyvinut velký tlak na používání těchto technologií. Veškerou komunikaci s okolím dnes řeší podniky a firmy elektronickou nebo mobilní formou. V souvislosti se zemědělstvím však nastává otázka dostatečné počítačové gramotnosti. Jak již bylo zmíněno, zemědělství je velmi specifický obor, a právě tato problematika je namístě. Jedná se hlavně o menší farmy a soukromé zemědělce. Ti zastávají ve své firmě mnoho funkcí, od vedoucích, ekonomických až po technické a řidičské. Vzhledem k těmto vysokým nárokům je pak často počítačová gramotnost opomíjená a neefektivní. Velké zemědělské podniky, které mají dostatečný počet pracovníků a jejich funkce jsou oddělené a určené, tento problém nemají a vzniká zde potom výrazná konkurenční výhoda. Hlavním problémem ICT v malých provozech je údržba a starost o systém. Neschopnost řešit malé problémy spojené s používáním pak vedou k neochotě ICT používat nebo úplnému odstoupení od těchto systémů.

Toto se začalo projevovat především s převodem komunikace do elektronické podoby a s tím spojeným nástupem internetu. Internet je nejen pro zemědělce základním prvkem jejich ICT. Slouží především ke komunikaci s vnějškem, jako je komunikace s úřady, dodavateli nebo jako místo pro prodej svých komodit. Jeho význam se opět prudce zvýšil v posledních letech s rozvinutím webových aplikací. Webové aplikace pomalu nahrazují nainstalovaný software. Je to hlavně z důvodu jejich snazšího zavedení (není potřeba instalace, ve většině případů stačí pouze registrace a uhrazení poplatku za používání), častějších a rychlejších aktualizací nebo nižších nároků na hardware. Největší výhodou je ale bezesporu propojení zemědělských portálů, jako jsou pozemkové, evidenční nebo ekonomické, což znatelně ulehčí a zefektivní používání.⁴

K pojmu ICT se řadí hardwarové vybavení podniku, jako jsou počítače a jejich příslušenství nebo mobilní telefony. Ty zaznamenaly v nedávné době velký nárůst a dnes neodmyslitelně patří ke každodennímu životu. Dříve nám mobily sloužily pouze k telefonování a posílání SMS zpráv. To se s nástupem mobilních dat změnilo. Dnes v mnohém zcela nahrazují počítače, především kvůli rychlosti a faktu, že jsou stále při ruce. Telefony je možné použít k vyřízení e-mailů, provést platbu v internetovém bankovníctví nebo sledovat provoz jednotlivých strojů. Dále se sem řadí softwarové vybavení a také nástroje pro elektronickou komunikaci či internet. Všechny tyto prostředky znatelně pomáhají při práci, zrychlují ji a zefektivňují. Nejdůležitější je, aby každý podnik či pouze uživatel těchto technologií, s nimi pracoval tak, aby mu přinášely vždy pouze kvalitní a potřebné informace k dalšímu využití.⁴

E-mail	Získávání informací	Propagace a reklama	Dodavatelé	Inter. Bankovníctví	Prodej	Nákup
93,75 %	93,75 %	81,25 %	75 %	56,25 %	12,50 %	6,25 %

Tabulka 1- Používání internetu zemědělci, zdroj: Šilerová ČZU

3.1.3 Vznik IS a jeho zavedení

Vývoj a vznik informačního systému se nazývají životním cyklem IS. Životní cyklus informačního systému umožňuje vidět a rozdělit koloběh IS v několika etapách a částech. Chlapka a kol. (2011) rozdělují cyklus do těchto etap:

- Specifikace požadavků na systém
- Analýza
- Návrh
- Realizace
- Zavedení, užití v praxi

Každá etapa se v životním cyklu IS může několikrát opakovat, a to i v různém pořadí. Při každém opakování má jednotlivý krok jinou váhu a důležitost. Záleží především na délce období, kdy IS vzniká a na době od rozhodnutí podniku, že chce systém zavést a samotným zavedením do praxe.³

Vývoj IS by měl probíhat podle metodiky. Metodiky slouží k přesnému popisu jednotlivých kroků, jejich lepšímu pochopení a systematickosti ve vývoji. V metodice by měla být popsána každá etapa jednotlivě v několika bodech. Mělo by zde být zahrnuto: cíl etapy, účel a obsah etapy, kritické body, klíčové výstupy a návaznost etapy na další. Hlavním cílem metodiky není detailně popsat vývoj IS, ale poukázat na důležité aspekty procesu a zachytit vývoj v jednotlivých krocích od začátku do konce.³

V praxi se nejčastěji používá tzv. multidimenzionální metodika. Její největší výhodou je při každém kroku vývoje zohledňování všech ostatních faktorů. Umožňuje podívat se na vývoj IS globálně a tím využít potenciál dostupných ICT naplno a optimálně naplnit stanovené cíle zadavatele.³

Jedním z nejdůležitějších kroků při vzniku IS je hned první, tedy specifikace požadavků. Podle Chlapka a kol. (2011) vzniká při této etapě nejvíce chyb, které zpomalují vývoj nebo znemožňují jeho úspěšné dokončení. V této etapě jsou aktivně zapojeny obě strany, zadavatel i řešitel. Zadavatel je strana, která se rozhodla pro zavedení IS systému, např. v podniku. Jejím hlavním úkolem je detailně specifikovat nároky a požadavky na systém. Řešitel je strana, která daný systém vytvoří a zavede do praxe, např. specializovaná firma na vývoj IS. Ta od zadavatele zjistí jeho požadavky a zformalizuje je. Výstupem je katalog požadavků. Ten je základním dokumentem a stavebním kamenem celého IS při každém kroku jeho vývoje.

Důvody, proč chce podnik zavést informační systém, se liší. Zároveň nelze doporučit jeden IS všem podnikům, který systém chtějí zavést.² Hlavními cíli jsou zlepšit komunikaci vně firmy, lépe zpracovávat informace a použít je k výstupům nebo zefektivnit či zautomatizovat firemní procesy. Každý podnik je jiný, a proto by měl být specifický a konkrétní i jejich informační systém.

3.2 Zemědělství

Zemědělství je jedním z nejstarších a nejdéle rozvíjejících se odvětví lidské historie. Za základní ukazatel vývoje zemědělství lze považovat vývoj a změny systémů hospodaření. Nejstaršími hospodářskými systémy jsou primitivní systémy, které nebyly vázány na osídlení dané oblasti a péči o půdu a její úrodnost, např. stepní systém. Nejstarší zemědělce můžeme s největší pravděpodobností najít v období neolitu, kdy lidé přestali využívat lov a sběr jako jediný zdroj obživy.⁵

Základními rysy pravých hospodářských systémů, které známe dnes, jsou střídání plodin, péče o půdu a její úrodnost a vznik osevních postupů. Ty jsou spojeny především s prvním trvalým osídlením oblasti a potřebou udržovat půdu úrodnou delší časové úseky. Jedním z prvních hospodářských systémů byl trojpolní systém, který střídá na jednom pozemku ozimou plodinu, jařinu a poté se pole nechá ležet ladem. Vznik a zavedení těchto postupů lze jednoznačně spojit se zvyšující se úrodností, většími výnosy a tím pádem i rostoucí populací na Zemi.⁶

S dalším rozvojem společnosti, hlavně rozvojem techniky a technologií, se opět posunulo i zemědělství. Na tento obor byla a jsou kladena velká očekávání na zajištění potravin a obživy stále rostoucí populace. To souběžně s dramatickým úbytkem pracovní síly a zastavováním orné půdy. V zemědělství se proto začala objevovat mechanizace, jako traktory nebo sklízecí mlátičky, a také první používání chemických látek na ochranu plodin. S rozvojem zemědělství nemůžeme opomenout krajinu, ve které se hospodaří. Pro zachování rovnováhy mezi požadovanými výnosy a zdravou, pestrou, fungující krajinou lze použít principy moderního, precizního zemědělství.

3.2.1 Zemědělství v České republice

Zemědělská výroba patří společně s potravinářskou mezi tradiční odvětví národního hospodářství. V České republice je to obor s velkou a dlouholetou tradicí. Jedná se o obor, který zajišťuje ve velké míře potravinovou soběstačnost státu a pěstováním plodin a chováním zvířat poskytuje materiál i pro navazující odvětví, např. lehký průmysl nebo potravinářství. Další rolí, kterou zastává, je export. Hlavními komoditami exportovanými z České republiky jsou mléko, živá zvířata, obiloviny, cukr nebo slad.⁷

Zemědělství se řadí do primární části národního hospodářství. Přestože podíl tohoto oboru na hrubé přidané hodnotě NH je značný, tak se od ostatních odvětví zásadně liší. Výroba není závislá pouze na státních nebo evropských regulacích, ale hlavně na nevyzpytatelných faktorech, jako je počasí a přírodní podmínky.⁷

Zemědělci v České republice obdělávají zhruba 53% výměry státu, celkem asi na 4,5 mil. hektarů, z čehož půdy orné je 3,5 mil. hektarů. V evropských porovnáních, jako je podíl zemědělské půdy na jednoho obyvatele, nebo podíl orné půdy na obyvatele, se české zemědělství drží v průměru. Významná část připadá na lesnictví, protože téměř třetinu půd v České republice tvoří lesní pozemky a porosty.

Podíl orné půdy má klesající trend, který v posledních letech zmírňuje, nicméně se nezastavil. Od roku 1995 klesla rozloha orné půdy téměř o 20 tis. hektarů. Hlavními důvody je zástavba půdy okolo velkých měst, např. stavby průmyslových objektů a dále zakládání trvalých travních porostů, luk a pastvin na orné půdě. Jak již bylo zmíněno, zemědělství se musí potýkat s celou řadou faktorů a jedním z nich je i krajina a půdní reliéf. Necelá polovina půdního fondu se nachází v oblastech méně příznivých pro hospodaření (tzv. LFA oblasti), což jsou místa, kde se zakládání travních porostů a pastvin podporuje.⁶

Charakteristickou věcí pro české zemědělství je velké roztržštění vlastníků půdy a s tím související velký podíl pronajaté půdy, na které se hospodaří. Stát vlastní prostřednictvím Pozemkového fondu ČR 600 tis. hektarů. Většina orné půdy je v držení fyzických a právnických osob, ale jen málo vlastníků na jejich půdě hospodaří, tudíž jsou jejich pozemky pronajímány zemědělcům. V České republice tvoří podíl pronajaté půdy téměř 90 %. Touto majetkovou strukturou se české zemědělství zásadně liší od evropského, kde je zastoupen větší počet menších farmářů, kteří hospodaří na malých, vlastních půdách. V ČR hospodaří menší a soukromí zemědělci na méně než 1/3 orné půdy. Zbytek rozlohy připadá právnickým osobám, např. akciovým společnostem, družstvům.⁸

Zemědělství zastává kromě výrobní a produkční funkce i jiné. Tou hlavní je sociálně-demografická, která se projevuje zaměstnaností obyvatel a rozvojem venkova. Na podporu těchto funkcí vznikly i evropské dotační programy, jako Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova, který si dává za cíl rozvoj vesnic a venkovského života obecně. Hlavním nástrojem je vytváření nových pracovních míst, především v zemědělství, a tím příliv obyvatel zpět na vesnice. Podle Českého statistického úřadu bylo v roce 2016 zaměstnáno v zemědělství 182 tisíc osob. Z tohoto údaje bylo ale více jak 55 tisíc pouze příležitostných a sezónních pracovníků. Celkový podíl osob zaměstnaných v primárním sektoru se v posledních letech pohybuje okolo 2 %.⁷ Dlouhodobě zaměstnanci v tomto sektoru ubývají. Je to dáno i tím, že se do praxe zavádějí moderní postupy a stroje, které jsou schopné nahradit lidskou pracovní sílu.

Velkým zlomem pro české zemědělství byl rok 2004, tedy vstup ČR do Evropské unie. S tímto krokem je spojeno připojení ke společné zemědělské politice. To na české zemědělce uvalilo nutnost přizpůsobovat se nařízením a směrnicím, které jsou v unii platné. Zároveň se jim ale otevřela možnost čerpání dotací. Kvůli nevyrovnaným půdním a geografickým podmínkám a stejným normám pro všechny členské státy musí Evropská unie tyto rozdíly zmírňovat dotacemi. Velké množství podniků, které neprodukují tržní plodiny nebo jsou geograficky znevýhodněné jsou dotacemi podporovány. Mezi nejběžnější dotace patří např. platba na plochu nebo greening. V České republice se o rozdělování dotací, evropských i státních, stará Státní zemědělský intervenční fond (SZIF).⁷ Společně s penězi z dotací přichází i druhá strana, a to velká byrokratická zátěž a časté kontroly od úřadů, které kladou velký důraz na řádné evidence peněz v podniku.

Jak již bylo zmíněno, zemědělství zastává i mnoho mimoprodukčních funkcí. Kromě sociálně-demografické jsou to např. enviromentální, krajinná nebo rekreační. Enviromentální funkce spočívá ve správném hospodaření na půdě. Tím jsou pak dosaženy funkce protierozní, půdoochranné nebo přírodoochranné. Společně s ní je úzce spojena funkce krajinná. Obě funkce zajišťuje zeleň v krajině a uvědomělé narušení monokultury. Jedná se o neobdělávané meze, remízky, polní cesty nebo zařazení meziplodin. Všechna tato opatření a úkony jsou pro zemědělce náročná a pracná, ale přesto se zásadní mírou podílejí na udržení agrobiodiverzity, ochraně půdy nebo vody.

Území, kraj <i>Territory, region</i>	Obhospodařovaná zemědělská půda celkem ¹⁾ (ha) <i>Utilised agricultural area, total¹⁾</i>	v tom			
		vlastní půda <i>Own land</i>	z toho		najatá půda od jiných <i>Land hired</i>
			pronajatá jiným <i>Rented to others</i>	of which: nevyužívaná <i>Unutilised land</i>	
Česká republika Czech Republic	3 456 646	987 626	53 862	4 825	2 527 707
kraj/region:					
Hl. m. Praha +					
Středočeský	560 701	138 563	4 316	908	427 362
Jihočeský	413 385	110 061	6 425	593	310 342
Plzeňský	312 429	94 368	5 667	512	224 240
Karlovarský	96 073	53 713	7 948	257	50 566
Ústecký	209 882	85 770	4 085	937	129 135
Liberecký	98 111	38 601	2 765	101	62 377
Královéhradecký	232 310	66 297	1 930	131	168 074
Pardubický	227 200	58 337	3 663	450	172 976
Vysočina	361 043	77 765	2 654	39	285 972
Jihomoravský	355 132	92 370	4 246	254	267 262
Olomoucký	236 518	65 568	1 933	289	173 172
Zlínský	149 725	32 432	1 271	255	118 819
Moravskoslezský	204 135	73 779	6 958	98	137 412

Tabulka 2-Podíl pronajaté orné půdy v jednotlivých krajích, zdroj: ČSÚ

3.2.2 Rostlinná výroba

Zemědělství je rozděleno na rostlinnou a živočišnou výrobu. V historii k sobě tyto složky neodmyslitelně patřily a ve velké míře je to zachováno i dodnes. Některé podniky se rozhodly rostlinnou a živočišnou výrobu od sebe oddělit a vybraly si jen jednu z nich.

Rostlinná výroba je zaměřena na pěstování plodin, které jsou použity buď přímo, nebo určeny k dalšímu zpracování. V České republice je zaměřena na produkci potravin, krmiv a surovin pro lehký průmysl, jako je potravinářství nebo farmacie. Hlavními pěstovanými plodinami jsou obiloviny, olejnin, okopaniny, luskoviny a píce. Dále se do rostlinné výroby řadí speciální plodiny, které většinou nejsou pěstované na orné půdě. Je to např. zelenina, ovoce, vinná réva nebo léčivé rostliny.⁹

Rostlinná výroba je z velké části provozována na orné půdě, tedy na více než 3 mil. hektarů. V rámci osevních postupů jsou na těchto pozemcích střídány plodiny. Vliv na pěstované plodiny má geografická poloha a zaměření podniku. V posledních letech se ale bohužel čím dál více setkáváme s ústupem od klasických osevních postupů a tradic. Kvůli dotační politice na plodinu se totiž zemědělcům vyplatí přejít na trojhonný osevní postup a produkovat pouze pšenici, kukuřici a řepku. V krátkodobém horizontu to sice podniku může přinést větší zisk. Je to dáno hlavně úsporou za mechanizaci (na všechny plodiny je možné použít stejné stroje) a za lidskou práci. Dlouhodobě je tento způsob hospodaření neudržitelný.⁸

Nejpěstovanější plodinou jsou obiloviny, které zaujímají více než 1,5 mil. hektarů.⁸ Obliba pěstování této komodity stále stoupá, především kvůli vysoké výkupní ceně a příznivé dotaci. Stejná situace platí u olejnin, konkrétně u řepky olejky. Přestože historicky se tato plodina zařazovala do osevního postupu jako zlepšující plodina (kvůli hlubokému kořenovému systému a schopnosti vázat vzdušný dusík) tak dnes je širokou veřejností opovrhována. Je to hlavně z důvodu velkých monokultur řepky a nutnosti častých chemických vstupů. Pro zemědělce je to ale atraktivní plodina na pěstování, především

z důvodu velké poptávky. Olej z řepky olejky má široké využití v průmyslu a speciálně, jako aditivum do pohonných hmot. Další, dnes velmi oblíbenou plodinou, je kukuřice. Ta je pěstována na zrno pro potravinářství, ale především na siláž. Siláž je určena pro krmení, jako součást krmné dávky, a také do bioplynových stanic na výrobu elektrické energie.

Rostlinná výroba a české zemědělství obecně se už delší dobu potýká se zásadní otázkou vývoje tohoto odvětví. Na jedné straně jsou čeští spotřebitelé, kteří by v obchodech rádi viděli a chtěli více českých potravin, především zeleniny, ovoce nebo brambor. Na druhé straně je zemědělství a zemědělci, kterým se jednoduše nevyplatí pěstovat výše uvedené.

3.2.3 Živočišná výroba

K zemědělství a rostlinné výrobě neodmyslitelně patří výroba živočišná. Významná je především z důvodu efektivního využití rostlinné výroby, tedy výrobce krmiv pro toto odvětví. Hlavním cílem je produkce potravin, jako je maso, mléko nebo vejce.¹⁰

Ve většině vyspělých zemí je živočišná výroba dominantní. Rostlinná výroba zde slouží ve velké míře pouze jako producent krmiva, jako kukuřice, pícniny nebo zrniny. Je to dáno možností produkce kvalitní krmivové základny a tím umožnění rozvoje intenzivního chovu zvířat.⁹ Intenzivní chov je charakteristický pro země s vyspělou tržní ekonomikou. Pro nasycení poptávky po produkci živočišné výroby v těchto zemích bylo potřebné toto odvětví zefektivnit. Vystává zde ale několik otázek. První je welfare zvířat, tedy jak je se zvířaty zacházeno a jestli mají dobré podmínky pro život. To je dnes řešeno moderními stavbami a technologiemi pro monitoring zvířat. Dalším bodem je kvalita produkce z takových chovů, např. u vajec. Producenti vajec mají povinnost označovat vejce podle toho, z jakého typu chovu pochází. Druhým typem chovu je extenzivní. To znamená, že zvířata mají volný pohyb, např. krávy na pastvách a loukách. Tím je dosaženo optimálních životních podmínek pro zvířata, především proto, že je to pro ně přirozené. V podhorských a horských oblastech plní zvířata i funkci v údržbě krajiny, kde spásají jinak nepřístupné svahy a kopce. U extenzivního chovu ale nelze dosáhnout takových produkcí jako u chovu intenzivního a není tak možné uspokojit poptávku.⁹

Živočišná výroba má v České republice klesající trend. Stejně jako u výroby rostlinné je jedním z důvodů dotační politika. Ta směřuje především na rostlinnou výrobu, a do živočišné se nedostane dostatek prostředků. Tato skutečnost bohužel vedla k tomu, že spousta zemědělských podniků od živočišné výroby ustupuje z ekonomických důvodů. Výkupní ceny masa a především mléka jsou nedostatečné a mnohokrát nepokryjí ani počáteční náklady. Dalším důvodem je podle Agrární komory nedostatečná pracovní síla v tomto oboru. Pracovníky do živočišné výroby je těžké sehnat a většinou se musí nahrazovat pracovníky ze zahraničí.¹¹

3.3 Precizní zemědělství

Precizní zemědělství je pojem, který je trendem 21. století. Definice podle Centra precizního zemědělství při ČZU v Praze zní: *Precizní zemědělství je dlouhodobě využívaný pojem pro moderní přístupy hospodaření v rostlinné i živočišné výrobě, které respektují přirozenou variabilitu výrobního prostředí a snaží se na ni reagovat.*¹³ Cílem je provést zásahy ve správnou dobu, správný čas a správnou intenzitou.¹²

Základem tohoto principu je spojení osvědčených zemědělských postupů, které používali sedláci po dlouhou dobu, a moderních technologií. Precizní zemědělství se orientuje na maximální efektivnost využití potenciálu půdy, rostlin, strojů a lidského kapitálu. V celém průběhu života rostlin (od zasetí až po sklizeň) jsou respektovány všechny faktory ovlivňující rostlinu. Precizní zemědělství je mezioborovou disciplínou, která spojuje poznatky z biologie, techniky či ekonomiky.¹²

V posledních letech je pojem precizního zemědělství spojován především s využíváním moderních, informačních technologií. Předpokladem pro precizní zemědělství je dostatečný počet vstupních dat a informací. Pracuje se hlavně s velmi dobrou znalostí pozemku a půdního bloku. Počáteční informace o pozemku jsou:

- Přesná poloha a velikost pozemku
- Struktura a typ půdy
- Nerovnoměrnosti půdního bloku
- Množství živin v jednotlivých místech pozemku

Tyto data jsou prvním krokem v používání precizního zemědělství na daném pozemku. Jsou získána pomocí satelitních a leteckých snímků porostu, mapování pomocí senzorů a odebrání vzorků půdy. Hlavním cílem je nasbírat dostatečné množství dat, aby bylo možné přistupovat ke každé části pozemku jednotlivě.¹²

Po získání dostatečného množství kvalitních informací je pak možné je implementovat do praxe. Informace je možné použít při tvorbě a inovaci osevního postupu nebo vytvoření aplikačních a výnosových map. Aplikační mapy slouží k aplikování dostatečného množství osiva a hnojiva v daném místě pozemku. Vychází z dat o půdě a množství živin v jednotlivých místech. Tím dochází k tomu, že na místech s nedostatkem živin v půdě je hnojeno více. Cílem je rovnoměrný, dostatečně vzrostlý a hustý porost na pozemku. V průběhu let pak dochází k postupnému vyrovnávání rozdílů živin na daném pozemku. Výnosové mapy jsou výstupem ze sklízecích mlátiček a řezaček. Ukazují, kolik materiálu a na jakých místech sklídl daný stroj. Jsou tedy vhodným doplněním a zpětnou vazbou k mapám aplikačním.¹²

Aby se dalo říct, že zemědělský podnik aplikuje principy precizního zemědělství, nestačí pouze data sbírat, ale je nutné s nimi dlouhodobě pracovat, analyzovat a jejich výsledky implementovat do praxe. Pravidelná práce se získanými daty se pak promítne i do konkurenceschopnosti podniku. Ačkoliv bývají pořizovací náklady technologií velké, ušetřené náklady na osivo, hnojivo, pohonné hmoty nebo plat zaměstnanců jsou značné a při správném použití se vyplatí. Pozitivním ekonomickým přínosem je i to, že precizní zemědělství specifikuje přesně náklady celého procesu výroby. Známe informace o tom, kolik na daném pozemku bylo přesně vyseto osiva, spotřebováno hnojiva, jak dlouho na něm pracovaly stroje. Při sklizni je zjištěno a zaznamenáno kolik bylo sklizeno a tím je možné velmi přesně určit cenu výroby na jednotku produkce.¹²

3.4 GPS

Naprosto stěžejním bodem precizního zemědělství a moderního zemědělství vůbec je GPS (Global positioning systém). Pod pojmem GPS si dnes většina lidí představí navigaci, kterou používají v mobilu při cestách. Tento systém se využívá nejen pro soukromé účely, ale najdeme ho v mnoha odvětvích a při různých účelech.

Globální poziční systém byl vyvinut americkou armádou primárně pro vojenské účely a do dnešní doby je tento systém financován a spravován ministerstvem obrany USA, které systém nazývá NAVSTAR-GPS. První zmínky a pokusy se objevují v 70. letech 20. století. Na oběžnou dráhu se vypouštěly první satelity a experimentovalo se s různými typy přijímačů. První možnost komerčního využití se objevila v roce 1994, nicméně se jednalo pouze o selektivní dostupnost. Plné rozvolnění této technologie se váže až roku 2000, kdy bylo poprvé možné reálně tuto službu využívat v soukromém a běžném životě.¹⁴

3.4.1 Princip a popis systému

Systém GPS je založen na spolupráci 27 družic na oběžné dráze. Funkčních v jeden moment je pouze 24 družic, tři zbylé jsou náhradní, pokud na nějaké probíhá údržba nebo má poruchu. Družice jsou rozděleny do šesti oběžných drah po čtyřech. Toto uspořádání umožňuje zachytit přesnou polohu na kterémkoliv místě na zemi. Jednotlivé družice (satelity) vysílají nepřetržitě radiový signál, který je zachycen přijímačem na Zemi. Nezbytnou výbavou družice jsou velmi přesné atomové hodiny, které se využívají při určování polohy.¹⁴

K určení polohy dojde zachycením signálů čtyř družic v jeden okamžik. Tři družice určí a vypočítají přesnou polohu, čtvrtá družice je využívána k tomu, aby se vyloučila možnost určení polohy mimo zemský povrch. Určení polohy družicemi garantuje přesnost do 5 metrů.

Při potřebě větší přesnosti se využívají korekční signály (diferenční). Tento signál je přijímán ze stanice na zemském povrchu nebo z jiné, nezávislé družice. Specifikem korekčního signálu jsou poplatky, nejsou tudíž poskytovány zdarma. Tento systém nabízí několik možností přesnosti. Signály běžně využívané v zemědělství, mají přesnost do 1 metru, většinou v řádu centimetrů.¹⁴

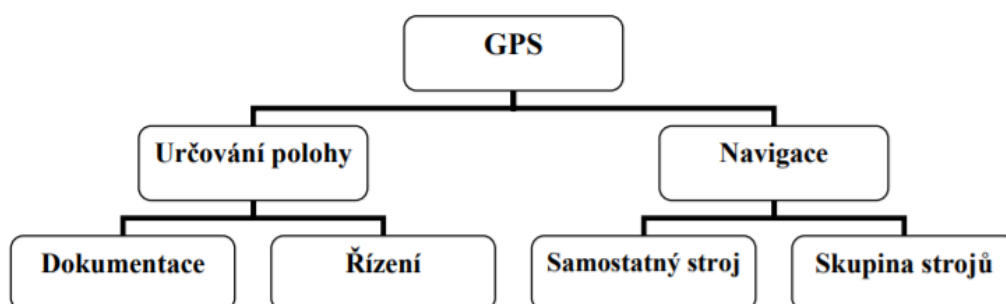
3.4.2 GPS v zemědělství

Pro moderní zemědělství je systém GPS naprostou nezbytností. Je používán při charakteristikách daného pozemku (členitost pozemků, mapa výnosů, aplikací) a především při navádění zemědělské techniky.

Stroj musí být na použití GPS připraven po softwarové i hardwarové stránce. Vše začíná u přijímače. Na zemědělských strojích se nacházejí na střeše a jsou často označovány jako „klobouky“. Toto označení odpadá u těch nejmodernějších strojů, protože dnes již má většina z nich přijímač integrovaný ve střeše. Dalším prvkem je displej nebo soustava displejů ve stroji. Ten se samotný řadí k hardwarové stránce, nicméně je prostředkem k používání softwaru. Daný stroj musí být vybaven dostatečně aktualizovaným softwarem, který použití GPS umožňuje. Druhou možností je využití externího displeje, který slouží pouze pro ovládání tohoto systému. Tato varianta se využívá při situaci, kdy již není možné aktualizovat software přímo v počítači stroje (starší technologie, stroj nebyl při výrobě takto vybaven).⁶

Hlavní činností GPS v zemědělství je navádění strojů. Vzhledem k možnosti komerčně vyžít tento systém až v roce 2000, je to stále relativně nová záležitost, nicméně v dnešní době velmi rozšířená. Stroje vybavené touto technologií najdeme ve velkých zemědělských podnicích, ale kvůli poklesu pořizovacích nákladů a poplatků i u malých, soukromých farmářů. Největší výhodou využívání je přesný agrotechnický zásah na pozemku. Je umožněno přesně a bez překrývání aplikovat osivo, hnojivo nebo připravit půdu. Global positioning system je možné využívat při každé operaci a na každém pozemku. Automatické navádění také zřetelně snižuje únavu obsluhy. Je tedy možné déle využít stroj a obsluha se může více soustředit na ovládání připojeného zařízení (kontrola správně vykonané práce, nastavování, úprava dle podmínek). Celkově daná souprava dosáhne větší produktivity a lepší kvality.¹³

Precizní zemědělství se stále vyvíjí a dnes počítá s velkou přesností navigačních systémů. Většina zemědělských strojů využívá placený korekční signál RTK. RTK neboli „real-time kinematic“ je nejčastěji využívaný navigační signál v zemědělství, který garantuje přesnost do 2,5 cm.⁶ Jak již bylo zmíněno, korekční signály vyžadují doplňkovou stanicí na zemském povrchu. Zemědělec si tedy musí stanicí zakoupit a vytvořit si tak lokální síť korekčního signálu. Druhou, rychle se rozšiřující možností, je využití mobilních sítí, konkrétně 4G LTE. Tímto způsobem odpadá nutnost zakoupení a zavedení stanice. Do budoucna se počítá s používáním pouze mobilních sítí. Bude se jednat hlavně o nástup 5G sítí, které celý proces zpřesní a zrychlí a výrazně zjednoduší.¹³



Obrázek 1 - GPS v zemědělství, zdroj: Auernhammer, přeloženo do češtiny

Z obrázku č. 1 vyplývá, že GPS v zemědělství zasahuje do mnoha odvětví a činností. Určení polohy vede k dokumentování pohybu stroje, vykonávané činnosti, efektivnosti ale také k určení výsledku (výnosu, stavu porostu) v jednotlivých místech pozemku. Tato data je poté možné využít k řízení dalších kroků nebo úpravě současných postupů v zemědělském podniku. Navigování stroje zvyšuje jeho efektivitu a pomáhá s přesným naváděním nářadí při jednotlivých agrotechnických postupech. Zároveň je stroje možné sledovat v reálném čase a mít tak možnost managementu strojového parku.

3.4.3 CTF

Specifickým využitím GPS je v systému CTF (Controlled traffic farming). Základním předpokladem CTF je trvale oddělit plochu, kde na pozemku jezdí technika od plochy bez přejezdů. V praxi to znamená, že veškerá technika na pozemku jezdí na stejných místech, kolejových řádcích. Hlavním cílem je utužení půdy zmenšit na nejmenší možnou plochu.¹⁵

Controlled traffic farming se začal využívat ve státech, kde se hospodaří na velkých plochách, např. v USA, Austrálii nebo Polsku. V poslední době se rozširuje i do států s malými podniky a rozlohou. Hlavním důvodem je stále větší tlak na zemědělce, aby omezili utužení půdy. Utužení půdy vlivem strojů se nazývá technogenní faktor. Utlačená půda má vyšší odpor, tudíž značně ztěžuje její zpracování, vykazuje úbytek pórů v půdě, vytváří předpoklady a prostředí pro vodní a větrnou erozi, špatný kořenový systém, půdní organismy a zásadně ovlivňuje cirkulaci a infiltraci vody a živin.¹⁵

Téma utužení půdy se v zemědělství řeší již delší dobu. V praxi jsou praktikovány i jiné systémy a technologie. Nejčastější a nejpoužívanější je variabilní huštění pneumatik a používání pásových podvozků. Tím je dosaženo větší styčné plochy mezi pneumatikou, respektive pásem, a půdou. Váha je tedy rozložena na větší plochu a dopad na její zhutnění není tak značný.¹⁶

Princip CTF stojí na organizování a sjednocení přejezdů zemědělské techniky po stále stejných kolejích. Jedná se především o organizační a řídicí úkol. Základními požadavky na zavedení tohoto systému do podniku jsou:

- Zajistit pohyb strojů po stejných kolejích (navigační systém)
- Mít stejné rozchody kol na všech strojích
- Sladit pracovní záběry strojů

Prvním bodem v zavedení je dostatečně přesný navigační systém, který je schopný při všech operacích na daném pozemku a více let po sobě navádět stroje po permanentních kolejích. V systému CTF se nejčastěji setkáme s použitím signálu RTK, který garantuje dostatečnou přesnost. Aby byly stopy po průjezdu techniky co nejužší, je třeba mít stejné rozchody kol, tedy osovou vzdálenost kol na nápravě. Pokud podnik používá tento systém dlouhodobě, je možné zohlednit rozchod kol při nákupu techniky. Při pozdějším přechodu na CTF umožňuje většina strojů zvětšit rozchod následně. Při nastavení rozchodu kol je důležité zohlednit legislativu. V České republice je povolena přepravní šířka stroje 3 m. Posledním požadavkem je sladění šířky pracovních strojů na stejnou vzdálenost nebo její násobek. Tato operace se označuje modul. Nejčastěji používaným modulem je 3 m. Vzešel z požadavků jednotlivých zemědělců, ale také dostupné techniky, která se většinou v těchto násobcích vyrábí. V praxi jsou tedy všechny záběry strojů na násobku tří. Např. stroje na přípravu půdy a secí stroje mají 6 m, sklízecí mlátička 9 m, a rozmetadla či postřikovače 15 m.¹⁶

Systém CTF je bezesporu součástí precizního zemědělství. Hlavní předností je zlepšení půdy a jejích vlastností. Z výsledků Slovenské poľnohospodárskej univerzity v Nitře je viditelné, že Controlled traffic farming průměrně zlepšil úrodu o 10%.¹⁵ Vedlejším výsledkem bylo ušetření paliva o 25%. Je to dosaženo tím, že přejezdy po poli jsou předem dané, organizované a nedochází ke zbytečným jízdám nebo překrývání. Systém CTF má tedy i značný ekonomický přesah.¹⁵

3.4.4 Postřik a ochrana rostlin

Nejčastějším agrotechnickým zásahem v konvenčním zemědělství je postřik rostlin. Postřiky jsou rozdělovány do dvou hlavních skupin. První je hnojení a podpora růstu. Podle původu hnojiva se dále dělí na organické a anorganické. Druhou skupinou jsou postřiky na ochranu rostlin proti škůdcům.⁹

Moderní postřikovač je jedním z klíčových strojů pro precizní zemědělství, a to z pohledu nezbytné ochrany rostlin, pro zajištění stálé a kvalitní produkce, a zároveň i z pohledu ochrany životního prostředí před zbytečnou zátěží chemikáliemi. Jak již bylo zmíněno, většina technologií v zemědělství je svázaná s používáním GPS a u postřikovačů tomu není jinak.²⁰

Základní technologií využívanou při postřiku rostlin je ovládání sekcí. Ramena postřikovače jsou rozdělena do několika sekcí po různém počtu trysek. Ovládání sekcí zajišťuje, že v zúženém místě nebo na kraji pozemku nedojde k překryvu postřiku. Řídící jednotka stroje na základě dat z GPS určí, zda již na daném místě byl postřik aplikován a následně vypne daný počet trysek. Tím dochází k rovnoměrné aplikaci, místo není zbytečně zatíženo chemikáliemi a není spotřebován postřik „zbytečně“, tedy dojde k úspoře a snížení nákladů. Většina dnešních postřikovačů je také vybavena funkcí vyrovnávání aplikace v zatáčkách. S vysokou tvarovou variabilitou pozemků, které jsou v našich podmínkách běžné, výrazně narůstá možnost nevyrovnanosti postřiku při zatáčení. Tento systém, také označovaný jako curve control, vyrovnává množství aplikovaného postřiku na vnější a vnitřní straně zatáčky. Když se stroj otáčí, dochází k tomu, že ramena do vnitřní strany zatáčky stojí na místě, a naopak na vnější straně se pohybují velkou rychlostí. Curve control otáčení rozpozná a zvýší intenzitu a množství aplikované látky na vnější straně, přičemž na vnitřní trysky vypne nebo zeslabí.²⁰

3.4.4.1 Aplikační mapy

Myšlenka obhospodařování pozemků dle jejich nevyrovnanosti je tu již dlouho. Do praxe se ale dostala až v posledních letech, s nástupem precizního zemědělství. Používání tohoto principu dává největší smysl při ošetření plodiny, tedy při jejím hnojení a ochranném postřiku.

Při vytváření aplikačních map jsou potřebná data o pozemku. Je vycházeno z měření aktuálního stavu pozemku, kdy je sledováno zásobení půdy živinami z půdního vzorkování, elektrické vodivosti půdy pomocí senzorů, stav zaplevelení a porostu snímky z dronů apod. Druhým zdrojem informací jsou dlouhodobé trendy výnosnosti na daném pozemku. Ty vycházejí z předchozích let, a především z výnosových map od sklízecích mlátiček nebo řezaček. V ideálním případě je dobré oba přístupy kombinovat, aby bylo dosaženo optimálních výsledků.²¹

Po vytvoření je aplikační mapa nahrána do paměti postřikovače. Po příjezdu na pozemek již obsluze stačí mapu aktivovat a synchronizovat s GPS stroje. Ten pak následně při práci na poli, podle jeho polohy, vypíná jednotlivé trysky nebo celé sekce a řídí intenzitu postřiku aplikační mapou.²¹

Pokud je postřikovač vybaven i dalšími systémy pro precizní zemědělství, jako je např. již zmíněné vyrovnání postřiku v zatáčkách, lze dosáhnout velmi významných úspor postřiku a cíleně ho aplikovat na potřebná místa. To má výrazný ekonomický dopad, ale také se značně šetří životní prostředí.

3.5 Traktory

Traktory jsou stále nejpočetnější skupinou strojů v zemědělství. Tyto stroje je možné najít ve všech zemědělských operacích a jednotlivých agrotechnických zásazích. Není proto překvapením, že jsou to právě traktory, které bývají průkopníky nových technologií v tomto oboru.

Moderní traktory lze v mnohém přirovnat k dnešním autům, především pak v široké nabídce a možnosti velké konfigurace. Podle webu TractorData.com je na světě až 260 výrobců těchto strojů.¹⁷ Prakticky v každém státě nalezneme lokálního výrobce, který historicky vyráběl traktory pro danou lokalitu. V globalizovaném světě se ale vytvořily velké rozdíly mezi jednotlivými výrobci a dnes je většina trhu pokryta jen několika z nich. Mezi největší a nejpobulárnější patří John Deere, Fendt nebo Claas.¹⁷ Výrobci nabízejí velké množství typů traktorů, protože každý zemědělec má jiné požadavky. Traktory se na začátku rozdělují do jednotlivých řad, nejčastěji podle velikosti a výkonového rozsahu. Jednotlivé řady jsou určeny pro různé úkoly a činnosti v zemědělství. Menší stroje s malým výkonem jsou využívány při lehčích polních pracích nebo dopravě, nicméně u soukromého zemědělce s malou rozlohou zastanou veškeré operace na farmě. Naopak velké stroje jsou přímo určeny na těžkou práci na poli a při vývoji a výrobě je na to myšleno. Jednotlivé řady nabízejí vždy několik možností daného stroje. Je to především opět výkon motoru a typ převodovky, ale i další technické specifikace, jako např. počet hydraulických okruhů, typy otáček vývodové hřídele nebo několik možností stupně výbavy kabiny a komfortu řidiče.

Důležitou otázkou při konfiguraci je také otázka precizního zemědělství a možnosti elektronického vybavení kabiny. Přestože je trend těchto technologií silný, stále se najdou zemědělci, kteří chtějí „jednoduchý“ traktor bez elektroniky. Jde především o menší zemědělce a soukromé farmáře, kteří nemají dostatek financí, nebo dané systémy nechtějí používat. Druhou častou možností jsou velké podniky, které kupují traktor do živočišné výroby, a tam systémy pro precizní zemědělství nedávají smysl. Většina traktorů, která sjede z výrobních linek je ale vybavena nebo minimálně připravena na tyto systémy a technologie.¹⁷

Základní výbavou a přípravou pro precizní zemědělství v traktorech je palubní počítač. Ten je nejčastěji v kabině po pravé ruce řidiče a je formou tabletu. Řidič má tedy možnost ovládat a nastavit celý stroj na jedné obrazovce dotykem prstu. V praxi probíhá obsluha stroje kombinací displeje a mechanických tlačítek umístěných vedle něj. V poslední době ale většina výrobců přechází na ovládání plně v displeji. Jako každý počítač, tak i ten traktorový má software, v jehož prostředí se provádí dané operace. Jednotliví výrobci a koncerny používají vlastní software, který mají plně pod kontrolou. Hlavním úkolem palubních počítačů je snazší, rychlejší monitoring a ovládání stroje. Jde především o sledování otáček motoru a jeho zatížení, spotřeby paliva, výkonové ukazatele či GPS. Samotná práce a ovládání palubního počítače je velmi snadná a podobná běžně používanému tabletu nebo mobilu. Základem je hlavní obrazovka, která je plně konfigurovatelná, a jednotlivé widgety si lze nastavit. Je tedy na obsluhu stroje, jaké ukazatele chce primárně sledovat. Tak jako v softwaru běžně používaných moderních technologií, i zde nalezneme menu, odkud se lze proklikat k potřebným informacím nebo nastavení. Pomocí lišty na straně obrazovky je možné vrátit se zpět, vrátit se na hlavní obrazovku a zavřít jednotlivá okna.

3.5.1 ISOBUS

Přestože moderní traktor je jeden velký počítač, tak v zemědělství stále zastává hlavní roli tažného stroje. S tím souvisí připojení závěsného stroje, jeho následné propojení s traktorem a ovládání.

U starších traktorů vše probíhalo mechanicky. Stroj byl ovládán pomocí hydraulických okruhů či vývodového hřídele a jeho seřízení a následná obsluha byla na obsluze. Tím docházelo k málo efektivnímu využití daného stroje nebo zařízení. S nástupem prvních palubních počítačů a elektronických řídicích jednotek v závěsném stroji se objevila otázka propojení. Prvním řešením bylo využívání externích displejů, které ovládaly řídicí jednotku závěsného zařízení. Do kabiny traktoru byly instalovány pomocí kabelu, nejčastěji skrze zadní okno. Obsluha stroje tak mohla využít pomoci elektroniky k lepšímu nastavení a využití nářadí. Nicméně instalace displeje byla náročná a každý závěsný stroj měl svůj displej. S tím souvisí větší pořizovací náklady a také postupný nedostatek místa v kabině a složitá obsluha.

S masivním rozšířením palubních počítačů proto vzniklo řešení pomocí systému ISOBUS. Tento systém je „společným jazykem“ mezi traktory a nářadím. Jeho definice zní takto: „*ISOBUS označuje standardizovanou komunikaci mezi traktorem a následným strojem (různých výrobců) pomocí standardizovaného hardwaru a softwaru.*“¹⁸ V praxi to znamená propojení závěsného zařízení přímo do displeje traktoru a následnou komunikaci mezi těmito stroji. Největší předností je jeho standardizace, tedy skutečnost, že každý traktor vybavený systémy pro precizní zemědělství má zásuvku na ISOBUS a zároveň každý závěsný stroj, který využívá elektronickou řídicí jednotku umožňuje, jeho propojení. Software na ovládání nářadí se přes ISOBUS načte přímo do displeje traktoru odkud je ho možné ovládat a sledovat jeho činnost. Dochází tedy k úplné redukci externích počítačů v kabině a snazšímu ovládání.

Další výhodou je, že připojené zařízení může využívat data z traktoru, především z GPS. Tím je docíleno přesnějšího agrotechnického zásahu, např. aplikace hnojiva nebo osiva. Zároveň byl umožněn zisk a správa dat ze závěsného stroje. Přes ISOBUS projde velké množství informací o práci nářadí, ty je pak možné v reálném čase monitorovat a odesílat pro další zpracování.¹⁸

3.5.2 Souvrat'ový management

Specifickou technologií používanou traktory je souvrat'ový management. Tato technologie umožňuje stroji automaticky se otočit na konci pozemku a zároveň ovládat závěsné zařízení.

Souvrat'ový management je závislý na GPS. Po příjezdu na pole se do paměti traktoru nahrají data o pozemku. To je možné externě, pomocí map z LPISu, nebo objetím kolem dokola. Dalším krokem je nastavení naváděcích linií, podle kterých stroj bude jezdit. Při prvním přejezdu pozemku se na konci, tedy jeho souvrati, v traktoru uloží informace o provedeném úkonu. Je to především vzdálenost otáčení stroje od kraje pole, jestli se snížila pojezdová rychlost nebo jak bylo ovládáno připojené nářadí.¹⁹

V praxi to znamená, že traktor přijede ke konci pole a automaticky sníží pojezdovou rychlost, podřadí, zvedne či vypne připojené nářadí, otočí se na souvrati, nářadí opět spustí a podle GPS navigace pokračuje dál v práci. Hlavní výhodou této technologie je především odlehčení obsluhy stroje, která traktor a nářadí nastaví a poté kontroluje a upravuje jeho

činnost. Tím je dosaženo větší produktivity práce, možnosti delších směn, a tedy většího vytížení stroje.¹⁹

3.6 Sklizeň

Sklizeň vypěstované plodiny je finálním krokem tohoto cyklu. Jedná se tedy o velmi důležitý krok, který stále zůstává ve velké míře plně na obsluze daného stroje. Z pohledu precizního zemědělství se u dnešní sklízecí techniky setkáváme především s používáním systému GPS. Ten, jako u předešlých agrotechnických operací, výrazně ulehčuje práci obsluze stroje, která se soustředí především na fungování mlátičky, a ne na samotné řízení.

Moderní sklízecí technika má velké množství čidel a kamer. Porost na poli bývá nevyrovnaný a podmínky pro jeho sklizeň se často mění. Proto je nutné neustále sledovat údaje z těchto systémů. Důležitými informacemi jsou vlhkost zrna nebo počet ztrát při výmlatu. Kamerami je sledován správný tok materiálu nebo zatížení mlátícího ústrojí.²¹

Sledováním různých informací o porostu vzniká velké množství dat, které je možné následně využít. Jde především o výnosové mapy. Software sklízecích mlátiček umí jednotlivé informace o sklizni zaznamenávat přímo do mapy daného pozemku. Tím je výrazně ulehčeno následné zpracování a práce s daty. Výnosové mapy jsou pak významným zdrojem informací o půdní variabilitě pozemků a mohou sloužit jako zpětná vazba na předchozí setí nebo postřik, ale také jako podklad pro další agrotechnické zásahy na pozemku. Základem výnosových map jsou produkční zóny, kdy je v mapě barevně a číselně znázorněn přepočtený výnos na daném místě pozemku. Je tak možné identifikovat podprůměrně či nadprůměrně výnosové plochy. V dlouhodobém horizontu je možné využít data o výnosech pro stanovení meziročníkové variability, tedy určit místa, kde je dlouhodobě dosahováno uspokojujících výnosů a plochy s nízkým stabilním výnosem, které je pak možné podpořit, např. větší intenzitou hnojení.²¹

3.7 Telematika a zpracování dat

V precizním zemědělství vzniká velké množství dat. Jejich sběr je ale bezpředmětný, pokud nejsou dále zpracovány. Tak jako s ostatními technologiemi prošel i přenos dat ze strojů vývojem. V počátcích precizního zemědělství byl přesun dat realizován pomocí flash disku nebo USB kabelu. Následná správa a zpracování dat probíhala ve volně přístupném softwaru a manuálně. V dnešní době jsou moderní traktory vybaveny přijímači mobilní sítě a přenos dat probíhá automaticky, v reálném čase.

V zemědělství je tento proces označován jako telematika a jsou využívány především 4G sítě. V budoucnosti se u zemědělských strojů počítá s využitím 5G sítě, která významně urychlí přenos dat a bude umožňovat okamžité reakce stroje na externí pokyny. Využití vzdáleného přenosu dat a cloudového úložiště se zásadně podílelo na rozšíření precizního zemědělství. Bylo tím umožněno sledování provozu strojů v reálném čase, vzdálený přístup z jakéhokoliv zařízení s internetem a došlo k ušetření práce při přenosu jednotlivých dat.²²

Zpracování informací ze zemědělských strojů dnes umožňuje několik aplikací. Většina výrobců nabízí řešení této problematiky svými softwary, které jsou přímo propojeny s cloudovým úložištěm, kam jsou data poslána ze stroje. Zpracování tedy probíhá ve velké míře automaticky. Zemědělec si poté pouze zobrazí potřebné informace z dané činnosti nebo od konkrétního stroje. Aplikace už tedy poskytne finální informace a umožní několik možností jejich zobrazení. Nejčastějším výstupem je grafický, tedy mapa konkrétního pozemku, kde jsou barevně a číselně zaznamenány dané informace. Je umožněn i číselný výstup s celkovými údaji nebo přepočtem na hektar či hodinu práce. Z hlediska zaznamenávaných údajů to jsou všechny informace, které má k dispozici obsluha při práci na poli. Jsou to čistě provozní data o stroji, např. otáčky motoru, převodový stupeň nebo spotřeba paliva, ale i množství spotřebovaného osiva, hnojiva nebo čas samotné práce.²²

Správa dat je nejčastěji realizována pomocí počítače, především z důvodu větší přehlednosti a jednoduchosti. Výrobci technologií pro precizní zemědělství nabízejí i mobilní aplikace, ve kterých je možné dostat stejné informace jako ve webovém rozhraní na počítači. Tím je dosaženo opravdového sledování provozu stroje kdykoliv a kdekoliv a možnosti okamžité zpětné vazby obsluhy nebo plánování další práce pro daný stroj.

Významné ulehčení nastalo také v oblasti servisu a oprav stroje. Pokud obsluha na palubním počítači „vyskočí“ chyba, se kterou si nedokáže poradit, je možné spojit se servisním střediskem, odkud se technik může vzdáleně do stroje napojit a danou chybu vyřešit nebo podat obsluhu návod k jejímu odstranění. Tím dochází k redukci prostojů stroje a významnému ušetření času i financí na servis.²²

Telematika také otevírá možnost oboustranné komunikaci. Není proto pravidlem, že data posílá pouze stroj. Do stroje mohou být před prací zaslány podklady pro danou činnost, např. aplikační mapy. Ty mohou být vedoucím pracovníkem ještě v průběhu práce změněny nebo aktualizovány podle aktuálního stavu pozemku. Pokud se stroj blíže ke konci práce na daném poli, může se vzdáleně nasměřovat k další práci. Sledováním provozních dat stroje je možné obsluhu zaslat doporučení pro jeho nastavení, aby se předešlo vysokým provozním nákladům nebo poruše.

3.8 Robotizace a autonomizace zemědělství

V moderní zemědělské mechanizaci již najdeme mnoho autonomních prvků, kdy stroj vykonává danou činnost sám a jeho obsluha plní funkci pouze kontrolní. Stále větší tlak na preciznost a dramatický úbytek pracovníků v tomto oboru napomáhá vývoji zcela autonomních strojů, robotů, kteří by nahradili lidskou činnost úplně.

Roboty v zemědělství nalezneme v dnešní době především v živočišné výrobě. Jedná se především o autonomní příhrnovače krmiva a poté o dojící roboty. Podle Součka (2018) bylo v roce 2017 na českých farmách instalováno 247 dojících robotů. V tomto odvětví zemědělství je tedy autonomizace značně rozšířena i v praxi.²³

V rostlinné výrobě jsou roboty velká sázka na budoucnost. Velké firmy, vyrábějící moderní traktory a ostatní zemědělskou techniku, intenzivně vyvíjí své koncepty těchto strojů. Jak již bylo zmíněno, výsledky jejich snažení se promítají i do praxe, implementováním jednotlivých technologií do současných, člověkem ovládaných strojů. Jednotliví výrobci se značně rozcházejí v řešení této problematiky. Možných řešení, jak by mohly autonomní stroje vypadat, je hned několik. Nalezneme koncepty, kdy robot vypadá jako dnešní traktor, pouze nemá kabinu, a tedy místo pro obsluhu. Toto řešení by umožňovalo další používání dnešních přípojných zařízení a zachovalo by velkou efektivitu. Nejčastějším návrhem je vyvinutí a následné používání několika malých robotů. Hlavní výhodou by byla obrovská redukce zhutnění půdy, tedy zlepšení jejích vlastností, na druhé straně je otázka dopravy, kontroly a komunikace několika strojů najednou.²³

Se současnými společenskými trendy, které ovlivňují i zemědělství, je vývoj a implementace robotů a autonomních strojů velkou prioritou. Tento obor má mimořádný potenciál a s největší pravděpodobností je jen otázkou času, kdy se budeme s roboty běžně setkávat na polích.²³

3.9 Analýza vícekritériálního rozhodování

Úkolem vícekritériální analýzy rozhodování je výběr jedné nebo více optimálních variant z více dostupných.³⁰

Rozhodování patří ke každodenním lidským činnostem. Většina běžných situací nevyžaduje k rozhodnutí sestavení modelu. V případě složitějšího rozhodování slouží tyto modely k nalezení ideální varianty.

Pro zajištění správného a přesného výsledku je nutný sběr a vyhodnocení kvalitních dat z ověřených zdrojů. Ty jsou následně předpokladem pro výpočet a dosažení předem stanovených cílů. Cíle rozhodování se mohou dále dělit na cíle dílčí, kterých je dosahováno v průběhu výpočtu.³⁰

Variantu je možné popsat jako možný způsob jednání rozhodovatele, který vede k dosažení cílů. Je to konkrétní možnost, která je logická a smysluplná.³⁰

Kritérium slouží k uspořádání, porovnání a vyhodnocení variant. Kritéria se dělí podle povahy a kvantifikovanosti. Velmi důležitou roli v problematice kritérií hrají jejich váhy. Podle jejich vah jsou určeny kritéria důležitější, tak aby v následném výpočtu měli větší váhu. Součet vah kritérií je roven 1.³⁰

4 Vlastní práce

Zemědělství je velmi specifický obor lidské činnosti a jeho správné provedení předpokládá mnoho znalostí z různých oborů. Dříve se lidé a rozhodovali především na základě vlastních zkušeností. Zpočátku hospodařili metodu pokus-omyl, a když našli řešení, které funguje, používali ho. S nástupem moderních technologií prošlo zemědělství značnou změnou. Dnešní zemědělci mohou vycházet ze zkušeností svých i jejich předchůdců, ale mají k tomu k dispozici i velké množství dat ze zemědělské techniky.

Každý zemědělec přistupuje k této problematice jinak. Jedni se moderním systémům vyhýbají, z mnoha důvodů. Je to např. vysokými vstupními náklady, malou rozlohou obhospodařované půdy nebo nedostatečnou technickou znalostí a gramotností. Jednotlivé technologie a systémy mohou ale zemědělcům značně ulehčit práci, zefektivnit hospodaření a dosahovat lepších výnosů a užitkovosti. To se promítne nejenom do ekonomické stránky podniku, ale snížením zásahů se hospodaří ekologičtěji, což zaručuje udržitelnější produkci.

4.1 Řešení vybraných výrobců

Zájemci o systémy precizního zemědělství, v případě této práce o možnosti přenosu a správy dat, mají stále větší nabídku mezi výrobci. Je tedy velice důležité důkladně analyzovat produkty jednotlivých výrobců, protože se každý z nich snaží o to, aby si zákazník koupil právě ten jeho.

Při výběru systému na přenos a správu dat je nutné zohlednit několik kritérií. Nelze uvažovat pouze finanční stránku věci, tedy počáteční náklady nebo poplatky za používání. V ideálním případě se podnik nebo soukromý zemědělec zabývá výběrem a nákupem těchto systémů pouze jednou v historii jeho činnosti. Je nutné se tedy na tuto problematiku podívat z více úhlů pohledu.

Jak již bylo několikrát zmíněno, zemědělství je velmi specifický obor. Přestože jsou moderní systémy na správu dat využíváným doplňkem této činnosti, tak v zásadě nejsou hlavním kritériem při nákupu techniky. A to je hlavní problém při rozhodování o nákupu a využívání. Tyto systémy jsou navázány na zemědělské stroje jednotlivých značek. Pouze někteří výrobci umožňují využívání jejich systému i v případě, že data, která jsou do nich odeslána, nejsou od stroje stejného výrobce. Zemědělec si tedy kupuje traktor, kombajn, či jiný stroj. U jeho nákupu dochází k pečlivé analýze a následnému výběru vhodné varianty. Jedná se ale především o technické parametry stroje. Při koupi např. traktoru se primárně zaměřuje na zvolení správného typu pro dané operace, obsah motoru, jeho výkon, počet hydraulických okruhů, typ převodovky atd. V průběhu konfigurace je samozřejmě zmíněna i otázka precizního zemědělství a vybavenosti stroje v tomto ohledu, jako je osazení navigace, její přesnost, tedy jaký typ signálu bude využíván. O samotné správě dat se tedy moc nemluví. Při nákupu nového stroje s navigací a systémy pro precizní zemědělství jsou u většiny výrobců poplatky za možnost využívat správu dat v ceně.

Malá propojenost a nemožnost správy dat od více výrobců v jedné aplikaci je dle ohlasů od zemědělců hlavní příčinou nevyužívání těchto systémů celkově. V praxi se běžně setkáváme s různorodým strojovým parkem. Např. traktory má podnik od značky A, postřikovač od výrobce B a nároky na kombajn nejlépe splnil výrobce C. Aby mohly být principy precizního zemědělství využívány maximálně, je nutné sbírat a vyhodnocovat data ze všech operací. Samotný sběr není problém, protože každý výrobce umožní vybavit stroj navigací a potřebnými systémy. Následná správa a vyhodnocení je ale mnohokrát komplikovaná. Uvažujme, že výrobci A a C a jejich stroje si mezi sebou mohou vyměňovat informace a je možné využít jen jednu z aplikací. Stroj značky B, v našem případě postřikovač, toto neumožňuje. Dochází tedy k tomu, že vedoucí podniku musí manuálně přenášet data z jedné aplikace do druhé, aby bylo dosaženo optimálního využití dat. To celý proces značně zpomaluje, a především bere chuť zemědělcům tyto systémy využívat.

Tak, jako nelze systém vybrat pouze na základě ceny, není možné se rozhodovat pouze podle propojenosti a jeho otevřenosti k ostatním výrobcům. Při porovnání je nutné dívat se na systém jako na celek a zahrnout více kritérií, která jsou pro výběr relevantní. V práci jsou představena a porovnána řešení třech výrobců – John Deere, Fendt a Claas. Jedná se o značky, které jsou na trhu se zemědělskou technikou dominantní a zároveň se řadí i k průkopníkům a producentům, kteří se otázkou těchto systémů intenzivně zabývají a inovují je.

4.1.1 John Deere

Americký výrobce zemědělské techniky John Deere je součástí obchodní společnosti Deere & Company obchodované na americké burze. Historie této značky je datována do poloviny 19. století, kdy firma vyrobila první produkt, ocelový pluh. Po jejich výrobě nastala velká poptávka a firma se vyvíjela až do dnešní podoby, tedy nejstarší a největší značky a výrobce zemědělské techniky na světě. V současné době John Deere zaměstnává více než 70 000 zaměstnanců a roční obrat přesahuje 37,8 miliard dolarů. V celosvětovém prodeji je téměř 20 % prodaných strojů od tohoto výrobce.²⁴

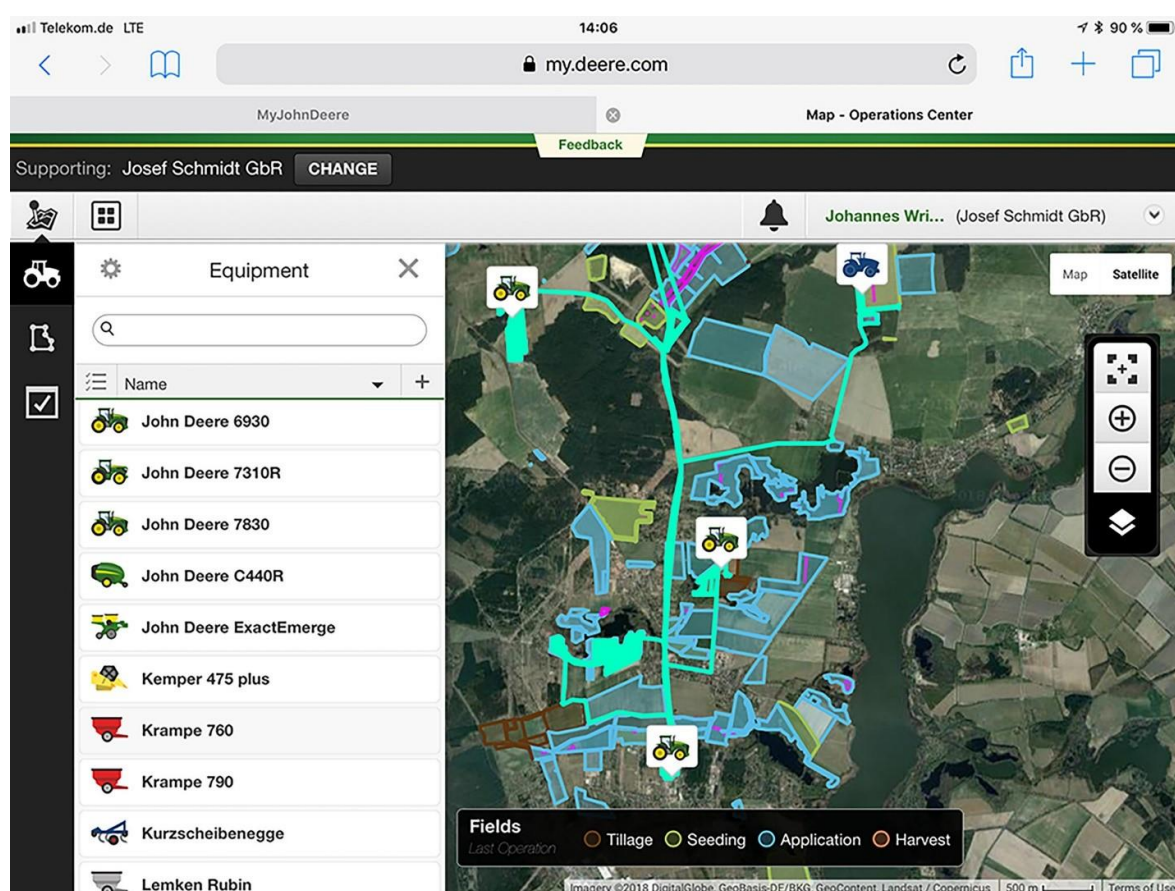
John Deere je považován za jednoho z největších průkopníků moderních technologií v zemědělství. Je to dáno především díky velké kvalitě a otevřenosti jejich produktů. V systémech precizního zemědělství uspěla tato značka především díky jejich navigačnímu systému GPS. Jako první umožnila využívání přijímačů a displejů na ovládání navigace i ve strojích jiných značek, proto se jejich přijímače StarFire staly symbolem této technologie v zemědělství. V současnosti jsou nabízeny čtyři řešení přijímání signálu, respektive přesnosti a následné výměny dat. Jsou to SF1, SF3, radio RTK a mobile RTK. Nabízené přesnosti signálu jsou od 15 cm, až do 2,5 cm u mobilního RTK. Zobrazení a ovládání v kabině probíhá přes zabudovaný displej stroje, nebo přes přídavný, který je instalován většinou do starších strojů.²⁵

Pokud zemědělec sbírá a vyhodnocuje data ze stroje, může využít několik možností přenosu dat. Všechny displeje výrobce podporují základní metody přenosu, tedy přes USB kabel přímo do počítače, pomocí flash disku nebo bezdrátově přes Bluetooth. Další možností je využití telematiky. Pokud je stroj vybaven přijímačem, který podporuje mobilní signál, a je využíván typ přesnosti navádění mobile RTK, pak je možné plně využívat mobilní sítě 4G a automaticky přenášet data do aplikace na správu dat. John Deere tuto možnost označuje jako JDLink. Pod tímto označením výrobce prezentuje svoje řešení vzdáleného přenosu dat, tedy telematiky. Když je stroj vybaven technologií JDLink, rozumí se tím, že má odpovídající hardware, přijímač a aktivovaný signál mobile RTK, zároveň se softwarem a všemi licencemi k jeho používání. S pomocí této technologie je možné využít všechny výhody mobilního přenosu dat. Jde především o zautomatizování celého procesu, přenos v reálném čase, a tedy i možnost sledovat stroje vzdáleně při práci.²⁵

Získaná data je nutné dále zpracovat. John Deere nabízí svoji aplikaci na správu dat, Operations center. Do ní je možné nahrát data všemi způsoby zmíněnými výše, v případě telematiky je využíváno cloudové úložiště John Deere, odkud se informace automaticky synchronizují do aplikace. Samotné využití Operations center je z velké části individuální. Zisk prvotních dat, tedy informace o pozemku, strojích či osevním postupu je možný v průběhu času, tedy reálných dat přímo z pole. Druhou možností je zadání manuálně. To je obzvláště využíváno při nahrání rozměru pozemků, např. z LPISu a následném vytvoření naváděcích linií. Aplikace následně umožňuje získat informace o poli, stroji nebo zaměstnancích. Všechny výstupy jsou generovány automaticky, podle potřeb zemědělce, a to v grafické podobě mapy nebo číselné v tabulce. Výstupy nabídnou zemědělci data, která sám chce, a zpětně se může podívat na další a podrobnější. Operations center je otevřená platforma, která bezplatně umožňuje propojení se všemi výrobci technologií precizního zemědělství. Do aplikace je možné data z jiných strojů přenášet manuálně i pomocí telematiky. Operations center je možné využívat i na telefonu prostřednictvím aplikace Operations center mobile. Mobilní aplikace nabízí stejné možnosti jako webové rozhraní na počítači, nicméně práce s daty je především kvůli velikosti displeje náročnější a dle samotného výrobce je vhodná spíše k řešení provozních problémů, jako chybových hlášek, nebo rychlé kontrole práce v reálném čase.²⁵

Celý proces od sběru dat až po jejich vyhodnocení jsem měl možnost si vyzkoušet u soukromého zemědělce. Stejně jako u následujících značek, jsem se rozhodl pro nejmenování jednotlivých zemědělců, kteří dané technologie používají. Tento zemědělec provozuje čtyři traktory, jednu sklízecí mlátičku a postřikovač značky John Deere. Všechny jeho stroje jsou vybaveny navigací a navazujícími technologiemi. Data o práci ale sbírá a využívá pouze ve třech operacích. Je to setí, postřik a sklizeň. K otázce, proč se takto rozhodl mi sdělil: „Vyhodnocuji pouze z těchto tří operací. Jsou to, dle mého názoru, jediné, kde se mi do jejich vyhodnocení vyplatí vložit čas. Na počítači si vždy nechám vytvořit aplikační mapy, podle mapy výnosové z minulé sklizně. Podle nich poté seji a stříkám postřiky. Z dalších vstupů do pole informace ani nesbírám. Podle mých zkušeností se mi nevyplatí sledovat, kde a jak si mám nahustit pneumatiky, abych měl lepší spotřebu. Jako soukromník na to nemám čas, ale třeba ty velké podniky to využijí.“ Sám jsem viděl celý přenos dat z Operations center na počítači až do traktoru. Je využíván mobilní signál 4G, takže přenos byl nenáročný a prakticky hned. V traktoru, který jel sít, poté stačilo pouze nastavit, aby jel podle předem vytvořené mapy a celý proces byl ukončen. V tomto podniku není využita mobilní aplikace, především z důvodu, že slouží k sledování provozních informací, které nejsou pro majitele důležité. Také provádí sám mnoho úkonů na farmě, a tím pádem by sledoval sám sebe. Velmi kladně byl hodnocen přístup výrobce při zaškolení a uvedení systému do provozu. „Pro využívání technologií jsem se rozhodl až zpětně po nákupu

techniky. Proto pro mě bylo klíčové, aby mě to bylo ukázáno. Prodejce mi vyšel vstříc, ukázali mi technologie přímo na farmě, a od té doby mám možnost se kdykoliv na ně obrátit. Servis se mi vzdáleně připojí do traktoru nebo do aplikace a problém se vyřeší.“ Velkou výhodou je tedy používání mobilní sítě, se kterou je možné právě tento vzdálený přístup. Naopak výrobci bylo zemědělcem vyčteno malé množství informací zobrazovaných v aplikaci, respektive hloubka jednotlivých informací: „Prostor pro zlepšení vidím v detailnějším rozebrání jednotlivých map. Přestože mám signál s přesností RTK, tedy přesnost 2,5cm, tak se výnosová mapy tvoří ve větších vzdálenostech. Byl bych rád, kdyby se jednotlivá data sbírala po těch dvou centimetrech, ať je to podrobnější. A dále bych ocenil možnost úplně vypnout zobrazení některých dat v aplikaci, jako spotřebu paliva. Nejlépe, kdyby se to vůbec nesbíralo.“. Mně osobně přišel celý proces i aplikace velmi intuitivní a dobře připravený pro praktické využití.



Obrázek 2 - John Deere Operation center, zdroj: my.deere.com

4.1.2 Fendt

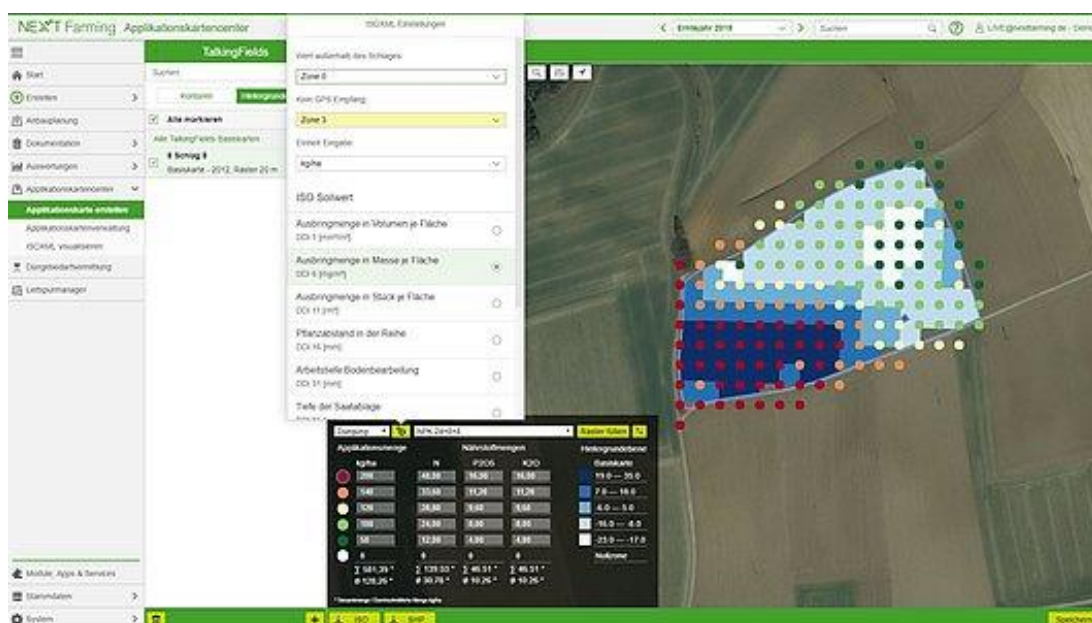
Fendt je výrobcem zemědělské techniky, který sídlí v Německu, přesněji v bavorském Marktoberdorfu. Výrobce patří mezi nejstarší firmy specializující se na zemědělství a jeho založení je datováno v roce 1930. Největší zlom v historii firmy nastal v roce 1997, kdy byl Fendt odkoupen americkou společností AGCO Corporation. Pod koncernem AGCO funguje do dnešní doby a společně s výrobcem Massey Ferguson jsou hlavními podniky v jeho zemědělské divizi. V současné době zaměstnává samotná firma Fendt více než 6 tisíc zaměstnanců a její roční obrat dosahuje téměř 9 miliard dolarů.²⁷

Tento výrobce se řadí po John Deere na druhé místo celosvětového prodeje traktorů. A stejně jako jeho konkurenti se intenzivně zabývá otázkou precizního zemědělství a správy dat. Fendt má v nabízeném sortimentu pouze stroje, které jsou připraveny využívat systémy precizního zemědělství. Každý zakoupený stroj je tedy možné ihned využít k těmto činnostem. Celý proces začíná u přijímače signálu. Firma nabízí dva různé od jiných značek. Jsou to NovAtel Smart a Trimble AG. K tomuto kroku, tedy k upřednostnění externích přijímačů před vlastním, došlo především kvůli úspoře při vývoji a také lepší propojenosti mezi stroji jiných výrobců. Obě možnosti nabízí tři varianty přesnosti signálu, kdy nejvyšší možností je 4G LTE signál, který následně umožní i telematiku. Signál je následně zpracován přes palubní terminál, kde funguje software VarioGuide, který navádí stroj a zpracovává data určená k odeslání.²⁶

Přenos dat je umožněn několika způsoby, jako je kabel, flash disk, ale především telematika, tedy bezdrátový přenos pomocí mobilní sítě. Ta je umožněna, pokud stroj využívá navigační signál mobilní sítě a zároveň s tím je aktivován AGCO Connectivity module box. ACM box je firemní označení pro umožnění telematického přenosu. Skládá se z několika částí. Základem jsou licence pro využívání mobilního signálu a aplikací na správu samotných dat. Tento produkt je součástí většiny strojů, u kterých se předpokládá jeho využití. Při odpovídajícím vybavení stroje je tedy následně možné přijímat a odesílat data v reálném čase a využít výhod telematiky, jako je automatizace a rychlost.²⁶

Ve zpracování dat je možných několik řešení. Vychází se především z faktu, že je výrobce součástí koncernu, který vlastní i další výrobce zemědělské techniky. Data ze strojů Fendt je možné posílat do koncernové aplikace AGCO Smart Connect nebo přímo do Fendt Connect, tedy aplikace přímo od výrobce. Obě možnosti slouží k rychlému zpracování dat a jsou určeny především k sledování aktuálního provozu stroje. Přestože mohou být použity i k dlouhodobému vyhodnocování dat, výrobce nabízí v tomto směru aplikaci VarioDoc, která má i verzi PRO. VarioDoc slouží k automatickému tvoření výstupů ze získaných dat. Data je možné nahrát i z externích zdrojů, např. z LPISu, a tím si vytvořit hranice pozemku, nebo přejezdové linie. Výstupy jsou tvořeny na základě potřeb zemědělce, a tudíž jsou značně individuální. Základními údaji o stroji jsou poloha, čas, vykonaná operace, spotřeba paliva, otáčky motoru a další. Je možné sledovat i velmi detailní informace, jako je zatížení vývodové hřídele, trakce nebo prokluz. Tím je možný detailní rozbor provedené operace a následná optimalizace pro další agrotechnický zásah. O daném pozemku, respektive poli, je zaznamenána plodina, historie osevního postupu, množství hnojiva nebo jednotlivých zásahů.²⁶

Stroje Fendt a jeho řešení telematiky a zpracování dat využívá zemědělský podnik, kde jsem viděl celý proces v praxi. Tento podnik využívá pouze traktory výrobce Fendt, nicméně jich má aktuálně 11 a v novodobé historii jich měli už 26 a mají tedy s touto značkou velké zkušenosti. Ostatní techniku, např. kombajny, mají od jiného výrobce, ale data sbírají a vyhodnocují pomocí aplikací od Fendtu. Vyhodnocení probíhá v podniku několika lidmi a každý z nich se zaměřuje na jiné informace, a proto jich jednotlivé stroje sbírají maximální množství. Agronom podniku mi sdělil, jak systémy využívá on pro jeho potřeby: „Osobně se zaměřuji pouze na pole. V podniku máme svoje role poměrně hodně rozdělené, a proto na ekonomickou stránku, nebo na techniku jsou jiní. Využívám pouze VarioDoc, především ke správě pozemků a historii osevniho postupu. Na konci sezony vytvořím osevni postup na jednotlivých pozemcích na následující rok. V jeho průběhu pak určíme a posílám obsluze strojů informace o postřicích. Dávujeme hnojivo a osivo variabilně, podle výnosových map a rozborů půdy. Aplikace má v tomto docela problém. Nelze do ní data o výnosech z jiného stroje posílat rovnou a vše musím dělat manuálně a stejně je to i s rozborů půdy.“ V podniku jsou sledována i data o provozu stroje. Hlavním důvodem je zajistit co nejeekonomičtější provoz každého traktoru. Touto otázkou se zabývá ředitel podniku, který doplňuje: „Ušetření na provozu je dle mého názoru tou největší výhodou principů precizního zemědělství a aplikace Fendt Connect je perfektním nástrojem k dosažení tohoto cíle. Náklady na vstupy jsme byli schopni snížit i přesto, že používáme větší techniku, která logicky spotřebuje více. Prvotně jsme zhodnotili, jak jsou naše traktory používány. Řešili jsme otáčky, zatížení a největší rozdíl udělalo pořízení centrálního huštění pneumatik a správné dotížení. Poté jsme s prodejcem vytvořili doporučení pro jednotlivé operace a stroje. Dnes řidiči vše nastavují pouze podle našich doporučení.“ Na otázku, co by výrobcí vytkl, nebo vylepšil řekl: „Byl bych rád, kdyby Fendt spojil vše do jednoho rozhraní. Momentálně používáme tři různé aplikace. Fendt Connect, VarioDoc a AGCO Smart Connect. Každá je dobrá na něco, ale se všemi se váže poplatek za používání. Přeposílání dat mezi aplikacemi je možné sice automaticky, ale stále to zabere nějaký čas a vyhodnocení se tím prodlužuje.“. Osobně jsem viděl v podniku přesně ten stejný problém. Z jedné aplikace jsem musel manuálně data vyexportovat do druhé, kde jsem následně musel čekat několik minut, než došlo ke kompletní synchronizaci.



Obrazek 3- VarioDoc v prostředí aplikace NEXT Farming, zdroj: nextfarming.com

4.1.3 Claas

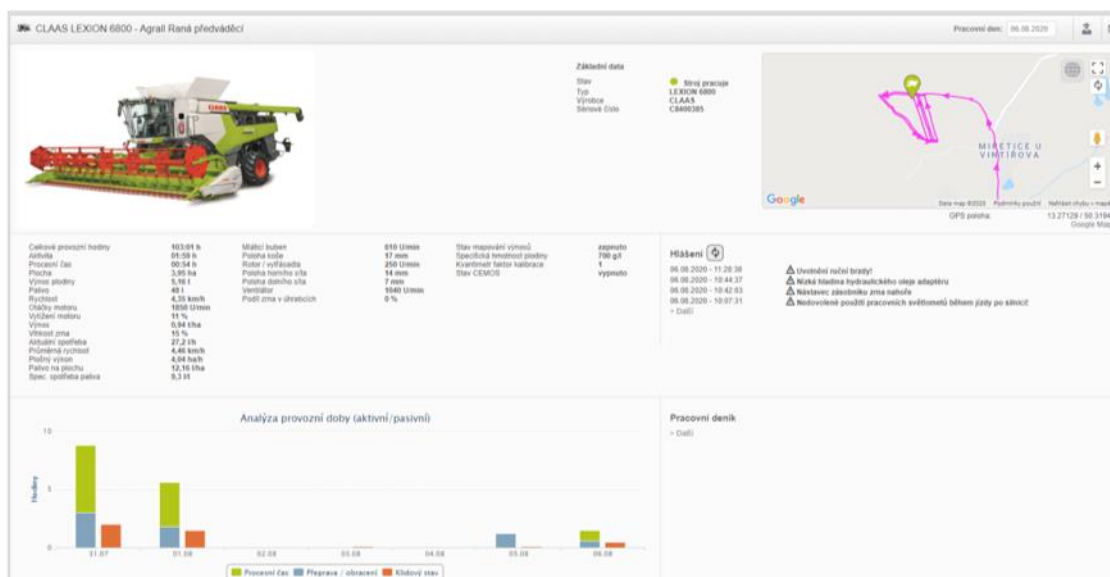
Společnost Claas je německým výrobcem zemědělské techniky se sídlem v Harsewinkelu. Výrobce je známý jako první producent lisů na slámu a píce a kombajnů v historii. Firma byla založena roku 1913 a dnes patří k největším výrobcům zemědělské techniky v Evropě. V produkci kombajnů a sklízecích řezaček je Claas na prvním místě v prodeji na světě. V současnosti zaměstnává přes 11 tisíc zaměstnanců a obrat v roce 2020 dosáhl 4,04 miliard eur.²⁸

Společnost Claas patří k průkopníkům v otázce precizního zemědělství. Nabízí ucelené portfolio produktů, které umožňují jednotlivé technologie využívat. Navigační a komunikační signál zpracovávají stroje pomocí přijímačů GPS Pilot. Výrobce nabízí několik úrovní přesností, ale i různé typy signálu. Je možné si zvolit GLONASS, OMNISTAR nebo mobilní RTK signál. Informace jsou ve strojích zpracovány přes terminály a palubní počítače s označením S. Z nich je možný následný přenos dat všemi běžně používanými postupy, jako je kabel, flash disk a v případě využívání mobilního signálu i bezdrátový, automatický přenos.²⁹

Telematiku má výrobce zpracovanou v produktu Claas Telematics, který se následně dělí do třech stupňů podle potřeb zemědělce. Základem je Telematics basic, který je vstupní bránou do precizního zemědělství. Kromě nejpřesnějšího signálu RTK nabízí pouze několik základních funkcí při zpracování dat, primárně provozního stavu strojů. Prostřední variantou je Telematics advanced. Ta přidává detailnější informace o strojích, a především o půdě a pozemcích. S variantou advanced je možné vytvářet oseední postupy nebo kontrolovat historii plodin na pozemku. Nejpokročilejší, ale zároveň nejvyužívanější variantou, je Telematics professional. Ta nabízí veškeré funkce předchozích, ale i všechny ostatní běžně využívané funkce a výhody telematiky a bezdrátového přenosu dat. Zásadním přínosem je možnost nelimitované kontroly dat v historii, vytváření přejezdových linií nebo zpracovávání výnosových map a vytvoření map aplikačních. Veškerá dokumentace probíhá v aplikaci Claas Telematics, do které se data synchronizují z cloudového úložiště výrobce. Firma nabízí i mobilní verzi aplikace s názvem Claas Connect, která slouží především ke kontrole strojů v reálném čase, řešení chybových hlášek ve stroji a informacích o obsluze.²⁹

Společnost Claas jako první v oboru představila produkt, který využívá umělou inteligenci pro optimalizaci stroje vyhodnocování dat. Služba se jmenuje Claas Cemos a je k dispozici pro traktory a kombajny. Cemos je možné využívat se stroji, které mají k dispozici mobilní signál, tedy telematiku. Předpokladem je využívání dat, které stroje na daném pozemku již získaly, aby bylo dosaženo optimálního řešení. V traktoru se na palubním terminálu zadají vstupní data o práci. Je to typ práce, základní informace o připojeném zařízení (hloubka, záběr), podmínky práce (počasí, vlhkost půdy). Data jsou následně přes mobilní signál odeslána na cloudové úložiště, kde se porovnají s historickými údaji na dané farmě a poté je software Cemos na základě umělé inteligence vyhodnotí, upraví a odešle zpět do stroje. Obsluze je na terminálu poté doporučeno, jak nahustit pneumatiky, jaké zvolit zatížení, otáčky motoru při vykonávané práci nebo správné nastavení náradí. Těmito kroky je dosaženo ideálního nastavení traktoru nebo kombajnu pro vykonávanou práci a s tím spojenou minimalizaci nákladů, opotřebení stroje a poruch.²⁹

Stroje a telematiku výrobce Claas jsem si v praxi vyzkoušel u soukromého zemědělce, který tyto systémy využívá. Zemědělec provozuje tři traktory, sklízecí mlátičku a nakladač tohoto výrobce. Přestože je to malý, soukromý farmář, využívá nejvyšší možné varianty. Na můj dotaz, proč tomu tak je, odpověděl: „Když jsem před dvěma lety přebíral podnik po otci, mým hlavním cílem bylo zavedení precizního zemědělství. Rozhodl jsem se pro Claas, a když jsem technologii nakupoval, chtěl jsem rovnou to nejlepší, co výrobce nabízí.“ Farma tak využívá na všech strojích mobilní RTK signál s přesností 2,5cm. Data jsou zpracovávána v aplikaci Claas Telematics, a to ve velké míře. Na základě výnosových map jsou tvořeny aplikační, podle kterých se seje a aplikuje hnojivo. Pro variabilní hnojení jsou zde i jednou za 3 roky vytvořeny rozборы půdy na orné půdách, které jsou následně do aplikace přeneseny. „Na systémech výrobce Claas oceňuji hlavně přehlednost. Při výběru není zemědělec zatížen zbytečnými pojmy a možnostmi, ale jsou mu představeny tři ucelené balíčky. Velmi důležitá je pro mě propojenost s ostatními výrobci. Službou u mě probíhá aplikace hnojiva i pomoc při sklizni. Potřebuji tak data poslat do jiných strojů a zároveň je pak od nich získat zpět. To mi Claas Telematics umožňuje bez problémů.“ Sám jsem viděl zpracování dat z kombajnu po žních do výnosové mapy. Samotný výstup byl vytvořen automaticky z historie práce stroje. Následně je možné mapu konkretizovat, nebo změnit vzdálenosti v počítání výnosu. Celý proces byl velmi intuitivní a logický. Zemědělec by na systémech Claas uvítal zjednodušení zadávání vstupních dat z externího zdroje: „Z počátku byl problém přenést jednotlivé pozemky do aplikace, protože nepodporovala mapy z LPISu. Většinu polí jsem tak musel zadat manuálně podle souřadnic a poté je objet s traktorem, aby byly hranice správně načteny.“



Obrázek 4 - Claas Telematics – zobrazení konkrétní práce stroje, zdroj: agrall.cz

4.2 Model vícekritériálního rozhodování

Podle Šubrt a kol. (2011), lze charakterizovat modely vícekritériálního rozhodování takto: „Modely vícekritériálního rozhodování zobrazují rozhodovací problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Vícekritériálnost charakterizuje téměř každou rozhodovací situaci. Zohlednění více kritérií pro hodnocení vnáší do řešení problémů obtíže, konflikty, které vyplývají z obecné kontroverznosti kritérií. Kdyby totiž všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího rozhodnutí jediné z nich. Účelem modelů v těchto situacích je buď nalezení „nejlepší“ varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant, nebo uspořádání množiny variant.“³⁰

S rozhodováním se setkáváme v každodenním životě běžně. Tyto modely slouží jako návod a pomoc s rozhodováním z více variant, přičemž každé kritérium může mít jinou váhu. Modely jsou tedy nástrojem k vybrání optimální varianty, aby bylo dosaženo optimálního výsledku při zohlednění všech kritérií.

4.2.1 Stanovení kritérií

Kritérium je hledisko hodnocení variant a je děleno na kvalitativní a kvantitativní. Výběr jednotlivých kritérií je velmi důležitý a je základním předpokladem pro sestavení modelu. Zvolená kritéria by měla být nezávislá a obsáhnout veškeré aspekty řešeného problému.³⁰ V případě nevhodného zvolení může dojít až k chybnému vyhodnocení. Na základě získaných informací byly pro výpočet modelu zvolena tato kritéria:

1. Vstupní cena

Toto kritérium zahrnuje počáteční, vstupní cenu, kterou je nutné vynaložit na zavedení technologie. Předpokladem je, že daný stroj je továrně připraven pro využívání daných technologií. Jedná se tedy o cenu GPS přijímače a součet všech prvotních poplatků za využívání 4G LTE navigačního signálu, telematiky a aplikace výrobce na správu dat pro jeden stroj.

2. Výše ročních poplatků

Výše ročních poplatků představuje součet všech nákladů spojených s používáním výše zmíněných technologií jedním strojem za kalendářní rok.

3. Funkce PC aplikace

Toto kritérium představuje množství a možnosti funkcí PC aplikací jednotlivých výrobců. Při sestavování kritéria byla zahrnuta funkce: podrobnost dat a počet operací v aplikaci (osevní postupy, pozemky, data o stojích, pracovnících, financích)

4. Otevřenost systému pro ostatní výrobce

Možnost propojení systému s aplikacemi dalších výrobců. Kritérium zohledňuje schopnost systému přijímat, zpracovávat a odesílat data s externími zdroji.

5. Mobilní aplikace

Obdobné kritérium, jako v případě PC aplikace. Představuje funkce mobilních aplikací: množství, kvalita dat. Mobilní aplikace plní primárně funkci kontrolní, pracuje hlavně v reálném čase, což bylo při hodnocení zahrnuto.

6. Praktická zkušenost autora

Posledním uvažovaným kritériem je praktická zkušenost autora. Tento údaj je subjektivní a vychází z rozhovorů se zemědělci, kteří dané technologie využívají a z poznatků autora při jejich testování.

U cenových kritérií je nutné zmínit, že se jedná o částky volně dohledatelné na internetu, nebo získané tabulkové ceny od prodejců. Nejsou tak zahrnuty množstevní slevy (např. poplatky na více strojů) nebo nákupní slevy. Při reálném nákupu mohou být poplatky a ceny technologií započítány v celkové ceně stroje, tudíž se mohou lišit od tabulkových hodnot.

4.2.2 Váhy kritérií

Řešení modelu se odvíjí od váhy jednotlivých kritérií. Váha kritérií představuje vztah mezi kritérii, kde jedno je preferováno před druhým, nebo jsou stejně důležité. Platí zde vztah: „čím vyšší váha, tím důležitější kritérium.“ Další metodou vyjádření preference je např. metoda aspirační úrovně. V této práci jsou pro výpočet modelu využity váhy kritérií.

Jednotlivé váhy je možné určit několika způsoby. Využívají se postupy, např. Fullerův trojúhelník, bodovací metoda nebo Saatyho metoda, která je použita v práci. Saatyho metoda využívá ke stanovení vah tuto stupnici:

- 1 – Kritéria jsou stejně významná
- 3 – První je slabě preferováno před druhým
- 5 – První je silně preferováno před druhým
- 7 – První je velmi silně preferováno před druhým
- 9 – První je absolutně preferováno před druhým

Následně se porovnávají kritéria v řádku s kritérii ve sloupci. Postup porovnání probíhá tak, že pokud je kritérium v řádku preferováno před kritériem ve sloupci, je zapsána odpovídající hodnota z tabulky výše podle síly preference. V opačném případě je zapsána hodnota převrácená, např. 1/3. Po určení preferencí je dopočten geometrický průměr a dělením jeho součtu s jednotlivými řádky je dosaženo rozvržení vah. Váhy vypočtené Saatyho metodou pro potřeby této práce vypadají následovně:

	Počáteční cena	Výše poplatků	PC Aplikace	Otevřenost	Mobilní aplikace	Zkušenost autora	Geometrický průměr	Váha
Počáteční cena	1	1/3	3	3	5	5	2,1	0,249
Výše poplatků	3	1	5	3	7	7	3,6	0,427
PC Aplikace	1/3	1/5	1	1	5	3	1	0,118
Otevřenost	1/3	1/3	1	1	3	3	1	0,118
Mobilní aplikace	1/5	1/7	1/5	1/3	1	3	0,42	0,050
Zkušenost autora	1/5	1/7	1/3	1/3	1/3	1	0,32	0,038
							8,44	1,000

Tabulka 3 - Stanovení vah kritérií pomocí Saatyho metody, zdroj: autor

Pořadí důležitosti bylo podle Saatyho metody vypočteno takto (sestupně): Výše poplatků, počáteční cena, funkce aplikace společně s otevřeností systému, mobilní aplikace a zkušenost autora. Při sestavování bylo vycházeno z předpokladu, že poplatky za provoz těchto technologií jsou v dnešní době pro mnoho zemědělců hlavní překážkou. Počáteční investice jsou ochotni vložit, nicméně financovat provoz je pro velkou část problém. Menší váha byla udělena i funkcím aplikací a otevřenosti. Je to především z důvodu, že aplikace nabízí ve velké míře podobné či stejné funkce a jednotlivé rozdíly nehrají při výběru velkou roli. Zkušenost autora představuje nejmenší část z celkové váhy, jelikož jde o subjektivní údaj a slouží pro doplnění celkového pohledu.

4.2.3 Metoda pořadí

První zvolenou metodou pro výběr kompromisní varianty je metoda pořadí. Tato metoda funguje na principu přiřazení místa v pořadí jednotlivé variantě u každého kritéria. Následně je spočítán skalární součin řádku s danými vahami. Nejvhodnější variantou se stane ta s nejmenší hodnotou.³⁰

	Vstupní cena	Výše poplatků	PC aplikace	Otevřenost	Mobilní aplikace	Zkušenost autora	Skalární součin	Výsledné pořadí
John Deere	1.	2.	2.	1.	2.	2.	1,633	2.
Fendt	3.	3.	2.	3.	1.	3.	2,782	3.
Claas	2.	1.	2.	2.	3.	1.	1,585	1.
Váhy kritérií	0,249	0,427	0,118	0,118	0,050	0,038		

Tabulka 4 - Výpočet modelu pomocí metody pořadí, zdroj: autor

Na základě vstupních dat byla vyplněna tabulka (matice) jednotlivými pořadími pro výpočet modelu. Po výpočtu bylo dosaženo tohoto pořadí: Claas, John Deere, Fendt. První dvě varianty, tedy od výrobců Claas a John Deere jsou poměrně vyrovnané. Řešení firmy Claas vyšlo z modelu jako ideální především z důvodu nejnižších provozních poplatků na jeden stroj. Na posledním místě se umístil Fendt, který má nejvyšší vstupy ze všech výrobců.

Metoda pořadí neumí ukázat rozdíly mezi vstupními daty jednotlivých kritérií. Pracuje pouze s pořadím, nejlepší a nejhorší. Stejná situace nastala i v případě této práce. Konkrétně se jedná o výši poplatků u firem John Deere a Claas. Claas nabízí nejnižší poplatky na jeden stroj, konkrétně 1925 euro. John Deere má roční poplatky o 25 euro dražší a v celkovém porovnání vychází hůře. Na druhém konci pořadí je Fendt, který umožňuje používání svých služeb za 2641 euro. Přestože jsou rozdíly mezi dvěma výrobci oproti poslednímu minimální, není to v této metodě zohledněno. Proto byl proveden výpočet další metodou, bodovací, která tyto rozdíly zohledňuje.

4.2.4 Metoda bodovací

Metoda bodovací je další z metod výběru kompromisních variant. Jak již bylo zmíněno, její výhodou oproti metodě pořadí je možnost zohlednit rozdíly mezi vstupními daty u jednotlivých kritérií. Tato metoda pracuje se stupnicí <1,10>, kdy každému kritériu u variant je přidělen počet bodů na základě vstupních dat. 10 bodů představuje nejvyšší hodnotu, 1 naopak nejnižší. Rozdíly mezi body ukazují rozdíly mezi vstupními daty. Ideální variantou je ta s nejvyšší hodnotou skalárního součinu.³⁰

	Vstupní cena	Výše poplatků	PC aplikace	Otevřenost	Mobilní aplikace	Zkušenost autora	Skalární součin	Výsledné pořadí
John Deere	9	9	5	8	9	8	8,372	1.
Fendt	4	4	5	4	10	6	4,494	3.
Claas	6	10	5	6	5	10	7,692	2.
Váhy kritérií	0,249	0,427	0,118	0,118	0,050	0,038		

Tabulka 5 - Výpočet modelu pomocí metody bodovací, zdroj: autor

Metoda bodovací vykazala odlišné výsledky než předchozí. Je to právě z důvodu promítnutí rozdílů mezi jednotlivými vstupními daty, především u kritéria zahrnujícího výši poplatků. Konečné pořadí po výpočtu modelu bodovací metodou tedy vypadá takto: John Deere, Claas a Fendt.

4.3 Analýza rentability systémů precizního zemědělství

Jako v každé odvětví lidské činnosti, i v zemědělství je kladen důraz na finanční stránku. Zemědělství vytváří komodity, potraviny nebo energie, které jsou následně prodány na trh a je tvořen zisk. Podle českého statistického úřadu funguje na území České republiky 26 434 zemědělských podniků, z nichž je 88 % fyzických osob a 12 % osob právnických.³¹ Zemědělci fungují v tržní ekonomice a pro jejich další činnost je nutné vydělat dostatečné množství finančních prostředků na pokrytí nákladů a tvořit zisk. Zisk je následně použit na rozvoj, modernizaci podniku nebo může být vyplacen majitelům, např. u obchodní společnosti.

Pokud je zisk investován zpět do firmy, je důležité tento krok analyzovat. U investic se jedná především o rentabilitu, respektive návratnost. Podnik se tedy zajímá o to, co mu obětované peníze přinesou nebo za jak dlouho se mu navrátí. Investice v zemědělství jsou charakteristické i přesahem přes ekonomii. Od nákupu nové techniky nebo moderních technologií je očekávána větší produktivita práce, ušetření nákladů spojených s výrobou nebo kvalitnější práce. Současně dochází i k snižování vstupů, šetrnější práci s půdou a výsledkem je udržitelnější produkce a zlepšení krajiny. Výše zmíněné platí i pro využívání GPS ve strojích, telematiku a správu dat, které jsou analyzovány v této práci.

4.3.1 Použitá data

Pro správné určení návratnosti je nutná znalost dvou základních skupin dat. První z nich je výše počáteční investice, tedy součet všech částek spojených s pořízením. Do této skupiny se řadí také velikost nákladů, které představují částku vynakládanou ročně, nutnou k provozování investice. Druhou skupinou jsou výnosy a zisk. Zde nalezneme součet peněz, které nám investice přináší, nebo které kvůli ní ušetříme na vstupech. V případě této práce reprezentují výnosy částku, kterou technologie precizního zemědělství ušetří na nákladech.

Získané informace o obou skupinách pochází ze dvou zdrojů. Od prodejců a zástupců jednotlivých výrobců a od konkrétních zemědělců. Od každého z nich jsem měl možnost dozvědět se jinou částku. Je to především z důvodu, že výrobci prodávají svoje technologie za jinou cenu a zemědělci je nakupují v jiný čas a s různými slevami. Stejná situace platí i u výnosů, tedy částky ušetřené využíváním těchto technologií. Jednotlivé částky jsou uvedeny v tabulkách níže. Výpočet návratnosti byl počítán pro dané technologie jako celek, nikoli pro každého výrobce zvlášť. Částky byly zprůměrovány, aby bylo dosaženo objektivnosti a došlo ke smazání rozdílu mezi uvedenými hodnotami.

Náklady – výrobci V tis. Kč	Přijímač	Jednorázová aktivace v stroji	Poplatek za signál	Poplatek za telematiku	Poplatek za aplikaci	Celková počáteční investice	Roční poplatky
John Deere	190,401	57,105	32,994	16,497	x	296,997	49,491
Fendt	206,416	76,140	35,532	23,883	7,614	349,584	67,029
Claas	203,015	65,861	26,015	22,842	x	317,732	48,857

Tabulka 6 - Náklady jednotlivých výrobců na pořízení systému pro jeden stroj, v tis. Kč, zdroj: autor

Průměrná celková částka investice je po přepočtu hodnot, z tabulky výše je 321 425 Kč. V pořizovací ceně jsou zahrnuty částky za přijímač GPS signálu (mobilního 4G), jednorázová aktivace od výrobce, která umožní využívat signál s přijímačem, a souhrn všech poplatků za první rok užívání: za signál, telematiku a aplikaci na správu dat. Průměrná výše ročních poplatků je 55 125 Kč. Uvedené hodnoty jsou pro jeden stroj.

Druhou potřebnou skupinou jsou data o výnosech, respektive o ušetřených financích, díky využívání precizního zemědělství. Jako u tabulky s pořizovacími náklady, jsou i tato data složena z hodnot od výrobců a zároveň reálných hodnot od zemědělců. Tabulka č. 7 zobrazuje ušetření financí ve dvou skupinách, palivo a ostatní vstupy (osivo a hnojivo). Tyto dva ukazatele jsou objektivní a bylo s nimi v následné analýze návratnosti počítáno. Systémy precizního zemědělství, v případě této práce využívání GPS a zpracování dat, jsou schopné ušetřit náklady i v dalších oblastech podniku. Aplikace těchto principů šetří čas, práce na pozemku je odvedena rychleji a tím jsou redukovány náklady na platy zaměstnanců, opotřebení stroje, nebo prodlužování servisního intervalu. Tyto údaje jsou velmi individuální, např. platy zaměstnanců nebo ceny strojů, a není tak možné určit jejich správnou hodnotu, a proto nebyly v analýze zahrnuty.

Ušetření	Palivo	Vstupy do pole (osivo, hnojivo)
John Deere	5,9 %	13,0 %
Fendt	6,2 %	11,9 %
Claas	5,0 %	12,1 %
	5,70 %	12,33 %

Tabulka 7 - Procentuální vyjádření ušetřených prostředků při využívání precizního zemědělství, zdroj: autor

Pro úplnost potřebných dat k výpočtu jsou nutné pomocné ukazatele. Jedná se o ukazatele, které doplňují informace o výnosech, ušetření nákladů. Jsou to průměrná spotřeba paliva na 1 Ha, průměrné celkové náklady na produkci na 1 Ha, průměrná spotřeba osiva a průměrná spotřeba hnojiva. Tabulka č. 8 ukazuje data ze souhrnného zemědělského účtu, kde byla následně vypočtena průměrná spotřeba osiva, hnojiva a prostředků na ochranu rostlin. Spotřeba paliva se výrazně liší s typem stroje, velikostí, vykonávanou prací a nastavením stroje. V tabulce č. 9 jsou uvedeny průměrné spotřeby paliva pro jednotlivé operace na pozemku na jeden hektar. Cena nafty byla přepočtena k aktuálním cenám dne 16.12. 2021.

SZÚ	Celková spotřeba (mil. Kč)	Spotřeba na 1 Ha orné půdy (Kč)
Osivo	4567,4	1547,53
Hnojivo	7323,2	2481,26
Ochrana rostlin	5573,7	1888,49
Náklady celkem	-	5917,28

Tabulka 8 - Výše nákladů vstupů spojených s produkcí, zdroj: eAgri, zemědělství 2020

Spotřeba paliva	Litrů na Ha	Korun na Ha
Lehká polní práce	7,2	230,04
Těžká polní práce	18,7	597,465
Postřikování	2,3	73,485
Sklizeň kombajnem	9,5	303,525
	9,425	301,129

Tabulka 9 - Průměrná spotřeba nafty při zemědělských operacích, zdroj: Agronomy research

4.3.2 Rentabilita a návratnost

Podle Valacha (1999) zní definice rentability takto: „*Rentabilita, resp. výnosnost a návratnost vloženého kapitálu, je měřítkem schopnosti podniku vytvářet nové zdroje a dosahovat zisku použitím investovaného kapitálu.*“³²

Rozlišujeme několik typů rentability. Základními údaji jsou: Rentabilita celkového kapitálu (ROA), dlouhodobě investovaného kapitálu (ROCE), vlastního kapitálu (ROE) nebo tržeb (ROS). Každý ukazatel představuje jiný pohled na celkovou finanční situaci podniku a vhodnou kombinací všech je dosaženo správné analýzy. Pro potřeby této práce je nejdůležitějším ukazatelem návratnost investice (Pay Back), tedy délka období, kdy nám investice přinese stejnou částku, jaká byla vložena. Vzorec prosté doby návratnosti investice lze vyjádřit takto:³²

$$PB = \frac{I}{CF}$$

kde PB = doba návratnosti
I = velikost investičních výdajů
CF = roční cash flow (velikost výnosu investice)

Prostá doba návratnosti vyjadřuje dobu, potřebnou k navrácení investované částky. Při dodatečných nákladech je nutné zahrnout tyto náklady, odečíst je od velikosti výnosu. Tento výpočet nezahrnuje inflaci, změny výnosů a nákladů v čase.

4.3.3 Výpočet návratnosti pro farmu

Výpočet návratnosti byl proveden pro konkrétní podnik, farmu. Je to z důvodu, že náklady jsou počítány na jeden stroj a nelze je přepočítat na stejné jednotky (hektary), v jakých jsou uváděny výnosy investice. Pokud by byly tyto technologie zakoupeny a využívány na jednom hektaru, byla by investice nelogická.

Pro výpočet uvažujme farmu, která hospodaří na 500 Ha orné půdy. Využívá několik strojů bez jakýchkoliv systémů precizního zemědělství, ale rozhodla se pro jejich nákup. Jak bylo zmíněno v teoretické části této práce, nákup těchto systémů není potřeba pro všechny stroje podniku, z důvodu jejich přenositelnosti. Bylo rozhodnuto, že se technologie nakoupí do třech strojů vykonávajících základní agrotechnické práce. Traktor (zpracování půdy, setí), postřikovač (hnojení, ochrana rostlin) a kombajn (sklizeň). Při potřebě a v různých obdobích roku budou jednotlivé systémy přenášeny mezi stroji, aby došlo k jejich plnému vytížení. Nakoupené technologie jsou uvedeny v tabulce č. 6. Na základě těchto a výše uvedených dat byl proveden výpočet.

$$\begin{aligned} \text{Celková počáteční investice} &- 321\,425 \times 3 = 964\,276 \text{ Kč} \\ \text{Výše ročních nákladů (poplatky)} &- 55\,125 \times 3 = 165\,373 \text{ Kč} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Úspora paliva} &- 301,129 \times 0,057 = 17,16 \text{ Kč/Ha} \\ \text{Úspora vstupů} &- 5917,28 \times 0,1233 = 729,6 \text{ Kč/Ha} \\ \text{Celková úspora za 500 Ha} &- (17,16 + 729,6) \times 500 = 373\,380 \text{ Kč/rok} \\ \text{Celková úspora očištěná o roční poplatky} &- 373\,380 - 165\,373 = 208\,007 \text{ Kč/rok} \end{aligned}$$

$$PB = \frac{I}{CF} = \frac{964\,276}{208\,007} = 4,64 = 5 \text{ let}$$

Po přepočtení průměrných nákladů a ročních úspor byly údaje dosazeny do vzorce pro prostou dobu návratnosti, kde výsledná hodnota vyšla 4,64 let, což se po zaokrouhlení rovná 5 let. Tento údaj představuje dobu, za kterou se farmě vrátí vynaložená částka 964 276 Kč. Po uplynutí pěti let bude následovat roční úspora 208 007 Kč, která bude dosažena díky nákupu a využívání investice, systémů pro precizní zemědělství.

5 Výsledky a diskuse

Informační systémy v zemědělství se postupem času stávají velmi využívanými. Jejich vývoj, od 90. let a počátků využívání navigace, až po dnešní využívání mobilních sítí nebo zpracování dat, do značné míry kopíruje celkový vývoj technologií ve společnosti. Jako je běžné vlastnit a využívat mobilní telefon, tak jsou dnes zemědělské stroje semi-autonomní a obsluha na ně pouze dohlíží. Tato oblast se označuje, již několikrát zmiňovaným termínem, precizní zemědělství. Většimu rozšíření zatím brání nedostatečná informovanost a velké pořizovací a provozní náklady.

Jednotlivé systémy a aplikace nabízí velkou rozmanitost a množství funkcí, aby bylo zemědělcům poskytnuto pokrytí celé této problematiky. Z praktické části práce vyplývá, že jako v ostatních odvětvích, je i v zemědělství mnoho výrobců, kteří nabízí svoje systémy. Jejich řešení se liší, nicméně v základních otázkách a problémech poskytují zemědělci podobnou, či stejnou službu. Jedná se především o navigaci stroje, telematiku a základní, využívané funkce aplikace na správu dat. Všechny tyto aspekty jsou u komparovaných výrobců podobné a bylo s nimi tak nakládáno i v modelu vícekritériálního rozhodování. Po určení kritérií a stanovení jejich vah byly vypočteny dva modely. Každý z nich ukázal jiný výsledek, především z důvodu nedostatečného rozlišení rozdílů u jednotlivých kritérií. Proto je objektivnější výsledek druhého modelu, který byl stanoven metodou bodovací. Tato varianta lépe zachycuje jednotlivé rozdíly. Konečné pořadí určené modelem vypadalo takto:

	Vstupní cena	Výše poplatků	PC aplikace	Otevřenost	Mobilní aplikace	Zkušenost autora	Skalární součin	Výsledné pořadí
John Deere	9	9	5	8	9	8	8,372	1.
Fendt	4	4	5	4	10	6	4,494	3.
Claas	6	10	5	6	5	10	7,692	2.
Váhy kritérií	0,249	0,427	0,118	0,118	0,050	0,038		

Tabulka 10 – Výsledek modelu pomocí metody bodovací, zdroj: autor

Následně byla zpracovaná finanční analýza těchto systémů. Prvním krokem bylo určení všech nákladů spojených s pořízením a provozem, tedy celková pořizovací cena a náklady či poplatky na provoz. Souběžně byly určeny hodnoty, které technologie precizního zemědělství ušetří. Všechna tato data byla čerpána jak od prodejců, tak od samotných zemědělců, kteří si dané technologie nakoupili. Pomocí těchto dat byla následně vypočítána návratnost pro konkrétní farmu. Zde se nabízí diskuse. Kdy se vyplatí technologie nakoupit a využívat? Kde je hranice rentability, nebo návratnosti těchto technologií? Odpověď na tyto otázky není jednoznačná a je velmi individuální. Na příkladu farmy, na které byl výpočet proveden, byly nakoupeny 3 ucelené systémy na 500 Ha orné půdy. V jiné situaci by byl malý, soukromý zemědělec, který obhospodařuje 100 Ha. Ten by mohl nakoupit pouze jednu navigaci a s tím spojené technologie a mezi stroji je přenášet, protože takovou výměru půdy zpracuje sám s jedním strojem v daném čase. Není proto potřeba nakupovat více přijímačů, z důvodu jejich přenositelnosti. Správnou otázkou, která je při nákupu a hodnocení návratnosti nejdůležitější, by měla být, kolik těchto systémů je v daném podniku potřeba. Teprve poté je možné určit návratnost a rentabilitu.

Obecně lze považovat systémy za rentabilní a jejich návratnost stanovit na hodnotě pět let. Tato hodnota vychází z faktu, že jeden ucelený systém precizního zemědělství je schopen pokrýt 150–200 Ha. U velkých farem a zemědělských podniků bude návratnost v letech nižší. V těchto firmách pracují velké stroje, které zpracují více plochy, a je tedy potřeba menší počet systémů precizního zemědělství na celkovou výměru zemědělské půdy. Jak již bylo v práci zmíněno, v praxi zásadní roli v celkové návratnosti hrají množstevní nebo akční slevy na stroje a technologie. S každým dalším strojem na farmě, který systémy využívá, klesají náklady pořizovací i provozní. Dalším trendem je automatická instalace, nebo předplacení precizního zemědělství v ceně stroje. Např. výrobci Fendt a John Deere instalují do jejich nových traktorů, určitých kategorií, navigace a přijímače automaticky a jsou součástí ceny. Zemědělec si tak technologii koupí i v případě, že o ni nemá zájem. Naopak pro ty, co dané technologie chtějí a vyžadují, je dosaženo nižší ceny a tím pádem lepší dostupnosti.

Samotný výpočet proběhl pro farmu s 500 Ha, která se rozhodla koupit tři ucelené systémy. Celková pořizovací cena byla stanovena na 964 276 korun. Roční úspora, kterou systémy přinesou, je po odečtení průměrných poplatků 208 007 korun. Po výpočtu prosté doby návratnosti bylo dosaženo 4,64 let, která po zaokrouhlení dává hodnotu 5 let. Částky nákladů i výnosů byly dosaženy z průměru informací od výrobců a zemědělců. Pro obecný výpočet přenositelný pro další výpočty lze považovat tato data:

Průměrná pořizovací cena	373 380,00 Kč
Úspora na hektar	746,76 Kč
Průměrný počet Ha na jeden systém	150

Tabulka 11 - Data možná k obecnému výpočtu pro další farmy, zdroj: autor

6 Závěr

Hlavním cílem práce bylo ekonomicky analyzovat vybrané informační systémy v zemědělství, konkrétně navigování, telematiku a správu dat.

Výpočet návratnosti byl proveden pro konkrétní farmu s 500 Ha orné půdy, která se rozhodla nakoupit tři ucelené systémy pro svoje stroje. K určení návratnosti byla stanovena následující data:

- 150-200 Ha / 1 ucelené systém
- Průměrná pořizovací cena: 373 380 Kč
- Úspora na hektar: 746,76 Kč

Potřebný počet ucelených systémů pro konkrétní farmu je individuální, ale z doporučení výrobců a zkušeností zemědělců připadá jeden systém na 150-200 Ha orné půdy. Pořizovací cena jednoho systému telematiky a správy dat byla stanovena z údajů výrobců. Výnosy reprezentují v případě výpočtu náklady, které se ušetří v důsledku využívání této technologie. Skládají se ze spotřeby osiva, hnojiva a paliva. Na jednom hektaru se průměrně sníží náklady na palivo o 17,16 Kč a na osivo s hnojivem o 729,6 Kč. Pro farmu s 500 Ha představuje roční úspora 208 007 Kč.

Pomocí výpočtu prosté doby návratnosti tak byla stanovena doba návratnosti na hodnotě 5 let. Vzhledem k datům a průměrným částkám lze hodnotu návratnosti 5 let považovat za obecnou pro obdobný výpočet návratnosti systému telematiky a správy dat na jakékoliv farmě.

Součástí praktické části této práce byla komparace třech výrobců, kteří nabízejí řešení této problematiky. Jsou to: John Deere, Fendt, Claas. Základem vícekritériálního modelu jsou kritéria, tedy body, podle kterých jsou dané řešení komparována. Pro potřeby této práce byla stanovena následující kritéria: počáteční cena, náklady (poplatky) na provoz, funkce aplikace, mobilní aplikace, otevřenost a zkušenost autora. Byly provedeny dva výpočty, každý jinou metodou. Objektivnějším výsledkem je ten z druhého modelu, vypočteného pomocí metody bodovací. Tato metoda lépe zachycuje rozdíly mezi jednotlivými kritérii a je přesnější. Výsledné pořadí výrobců podle modelu vypadá takto:

1. John Deere
2. Claas
3. Fendt

Největšími rozdíly mezi výrobci byla pořizovací cena a výše poplatků, které mají v nákupu a využívání této technologie velký význam. Funkce aplikací a jejich množství u jednotlivých výrobců se v zásadě nelišila. Tento trend lze předpokládat do budoucna, vzhledem k tomu, že výrobci dále inovují své systémy a snaží se poskytnout zemědělcům stejné možnosti a funkce jako jejich konkurence. V praxi je souběžně s cenou hlavním kritériem osobní zkušenost a subjektivní náklonost k vybranému výrobcí.

7 Seznam použitých zdrojů

- 1) GÁLA, Libor, Zuzana ŠEDIVÁ a Jan POUR. *Podniková informatika*. 2015. ISBN 9788024754574.
- 2) JOSEF, Basl a Blažíček ROMAN. *Podnikové informační systémy*. 3. aktualizované vydání. 2012. ISBN 978-80-247-4307-3.
- 3) CHLAPEK, Dušan, Václav ŘEPA a Iva STANOVSKÁ. *Analýza a návrh informačních systémů*. 2011. ISBN 978-80-245-1782-7.
- 4) ŠILEROVÁ, Edita. *Informační systémy a jejich vliv na změny ve firmě* [online]. [cit. 2021-9-20]. Dostupné z: http://www.agris.cz/Content/files/main_files/73/151020/silerova.pdf
- 5) BENEŠ, Jaromír. *Počátky zemědělství ve starém světě*. České Budějovice, 2018. ISBN 978-80-7394-697-5.
- 6) BRANT, Václav, Milan KROULÍK a kolektiv. *Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby*. 2020. ISBN SBN 978-80-87111-81-9.
- 7) Zemědělství. *EAGRI* [online]. [cit. 2021-9-15]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zemedelstvi.html>
- 8) Český statistický úřad: *Zemědělství celkem* [online]. 2016 [cit. 2021-9-16]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi-celkem-hprfbajg6j>
- 9) *EAgri: Rostlinná výroba* [online]. [cit. 2021-9-17]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/>
- 10) *EAgri: Živočišná výroba* [online]. [cit. 2021-9-17]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zivocisna-vyroba/>
- 11) *Pracovníci v zemědělství* [online]. [cit. 2021-9-17]. Dostupné z: <https://zemedelskytydenik.cz/pocet-pracovniku-v-zemedelstvi-loni-klesl-o-02-pct-na-98-800-lidi/>
- 12) ŠILEROVÁ, Edita. *Informační a komunikační technologie pro řízení farem* [online]. ČZU, 2017 [cit. 2021-9-21]. Dostupné z: <https://adoc.pub/informani-a-komunikani-technologie-pro-izeni-farem.html>
- 13) *Precizní zemědělství* [online]. Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze [cit. 2021-9-21]. Dostupné z: <https://cpz.czu.cz/cs/r-12274-o-cpz>
- 14) RAPANT, Petr. *Družicové a polohové systémy*. VŠB-TU Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- 15) RATAJ, Vladimír a kol. Utužování půdy a řízený pohyb strojů na poli. *Mechanizace zemědělství*. 2017(5). ISSN 0373-6776.
- 16) KUMHÁLA, František. *Technologie řízených přejezdů po pozemcích*. 2013. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2425-1.
- 17) *Amount of tractor brands* [online]. [cit. 2021-9-29]. Dostupné z: <https://www.tractordata.com/farm-tractors/>
- 18) BENEŠ, Petr. *Jak funguje moderní ISOBUS* [online]. 2021 [cit. 2021-9-30]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/jak-funguje-moderni-isobus/>
- 19) BENEŠ, Petr. Co přináší čtvrtá průmyslová revoluce. *Mechanizace zemědělství*. 2018(5). ISSN 0373-6776.
- 20) KROULÍK, Milan a kol. Autonomní prvky moderních postřikovačů. *Mechanizace zemědělství*. 2021(5). ISSN 0373-6776.
- 21) LUKÁŠ, Vojtěch. Význam zpracování aplikačních map pro lokálně cílenou agrotechniku zemědělských plodin. *Agromanual.cz* [online]. 2021 [cit. 2021-10-2]. Dostupné z:

- <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/vyznam-zpracovani-aplikacnich-map-pro-lokalne-cilenou-agrotechniku-zemedelskych-plodin>
- 22) KROULÍK, Milan a kol. Možnosti správy dat a jejich využití. *Mechanizace zemědělství*. 2019(5). ISSN 0373-6776.
 - 23) Souček, Jiří a kol. Roboty v zemědělství. *Mechanizace zemědělství*. 2018(5). ISSN 0373-6776.
 - 24) Our Company. *John Deere* [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://www.deere.com/en/our-company/>
 - 25) *John Deere Operation Center* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.deere.cz/cs/campaigns/ag-turf/operations-center/https://www.deere.cz/cs/campaigns/ag-turf/operations-center/>
 - 26) *Precizní zemědělství Fendt* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.agromex.cz/stroje/fendt>
 - 27) *Company* [online]. [cit. 2021-12-04]. Dostupné z: <https://www.fendt.com/int/fendt-company/agco>
 - 28) *O nás* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://www.claas.cz/o-nas>
 - 29) *Claas EASY* [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://www.claas.cz/produkty/easy-2018>
 - 30) ŠUBRT, Tomáš a kolektiv. *Ekonomicko-matematické metody*. 2011. ISBN 9788073803452.
 - 31) *Současné zemědělství v číslech. Český statistický úřad* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/soucasne_ceske_zemedelstvi_ve_statistickych_cislech
 - 32) VALACH, Josef. *Finanční řízení podniku*. 1999. ISBN 80-86119-21-1.

8 Přílohy

Tabulka 1- Používání internetu zemědělci, zdroj: Šilerová ČZU	14
Tabulka 2-Podíl pronajaté orné půdy v jednotlivých krajích, zdroj: ČSÚ	18
Tabulka 3 - Stanovení vah kritérií pomocí Saatyho metody, zdroj: autor.....	40
Tabulka 4 - Výpočet modelu pomocí metody pořadí, zdroj: autor	40
Tabulka 5 - Výpočet modelu pomocí metody bodovací, zdroj: autor.....	41
Tabulka 6 - Náklady jednotlivých výrobců na pořízení systému pro jeden stroj, v tis. Kč, zdroj: autor.....	43
Tabulka 7 - Procentuální vyjádření ušetřených prostředků při využívání precizního zemědělství, zdroj: autor.....	43
Tabulka 8 - Výše nákladů vstupů spojených s produkcí, zdroj: eAgri, zemědělství 2020..	44
Tabulka 9 - Průměrná spotřeba nafty při zemědělských operacích, zdroj: Agronomy research.....	44
Tabulka 10 – Výsledek modelu pomocí metody bodovací, zdroj: autor.....	46
Tabulka 11 - Data možná k obecnému výpočtu pro další farmy, zdroj: autor	47
Obrázek 1 - GPS v zemědělství, zdroj: Auernhammer, přeloženo do češtiny.....	22
Obrázek 4 - John Deere Operation center, zdroj: my.deere.com.....	33
Obrázek 5- VarioDoc v prostředí aplikace NEXT Farming, zdroj: nextfarming.com.....	35
Obrázek 6 - Claas Telematics – zobrazení konkrétní práce stroje, zdroj: agrall.cz	37