

Uživatelsko – technologický index precizního zemědělství

J. Jarolímek, M. Stočes, J. Masner, J. Vaněk, P. Šimek, J. Pavlík

Faculty of Economics and Management, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic

Abstract

Uživatelsko - technologický index precizního zemědělství (UTIPA) je komplexní systém založený na vzájemném sdílení názorů a zkušeností oborově zaměřenou komunitou lidí se vztahem k preciznímu zemědělství – zemědělců, dodavatelů technologií a výzkumných pracovníků. Hlavním přínosem UTIPA je na základě vypočteného indexu porovnání úrovně využití technologií (metod) precizního zemědělství navzájem, dle různých uživatelů, plodin, regionů apod. Hodnotí princip technologií a ne konkrétní produkty a výrobce. Význam má pro prezentaci potenciálu precizního zemědělství, plánování rozvoje a především pro nalezení vztahu mezi technologickou inovativností a užitečností pro praxi.

Celé řešení zahrnuje metodiku sběru, zpracování a prezentace dat a software dostupný přes webové rozhraní a všechny platformy mobilních zařízení. Využívat shromážděných dat a poznatků může každý, kdo má o problematiku precizního zemědělství zájem a kdo přispěje svými znalostmi.

Key words

Precizní zemědělství, technologická vyspělost, uživatelská dostupnost, sdílení znalostí

Introduction

Zvyšující se populace a s tím spojené zvyšující se nároky na efektivní využití zemědělského potenciálu vedou k zapojování nových technologií v mnoha odvětvích zemědělství. Spolu s rapidními změnami klimatu odehrávajícími tak v posledních letech dochází ke změnám podmínek a způsobů zemědělského využití půdy. Rozvíjející se země potřebují uplatnit principy precizního zemědělství k zabezpečení jejich udržitelného rozvoje (Shen et al., 2010).

Koncept precizního zemědělství je v zájmu odborné veřejnosti přibližně od 90. let 20. století. Zobecňuje snahu o identifikaci řešení, nástrojů a postupů, které mohou zvýšit produktivitu a ziskovost a současně chránit životní prostředí (Cambouris et al., 2014). Precizní zemědělství tak hraje důležitou roli při zintenzivňování produkce a je chápáno jako část zemědělské efektivity a procesů příznivých pro životní prostředí. Souhrnně je koncepce precizního zemědělství založená na pozorování, měření a následně odpovídající reakci – například pomocí zavedení nové technologie nebo změnou postupů výroby. Technologie precizního zemědělství umožňují zemědělcům rozpoznávat problémy a příležitosti a aplikovat řešení s daleko vyšší přesností (Lindblom et al., 2016).

Využitím precizního zemědělství představuje určující roli při omezování zatížení životního prostředí, zejména pak při redukci množství využívaných pesticidů. Při použití precizního zemědělství lze dosáhnout 8-10% snížení objemu pesticidů oproti tradičnímu zemědělství. Takovéto snížení má nejen dopad na finanční náklady výroby ale i na ochranu životního

prostředí (Katalin et al., 2014). V řadě zemí je v tomto ohledu precizní zemědělství jediným možným východiskem pro udržitelný rozvoj. Jak zmiňují (Akdemir et al., 2014) například Turecko nemá žádné limity pro využívání pesticidů a hnojiv a využití precizního zemědělství je tak nevyhnutelné pro budoucnost této země.

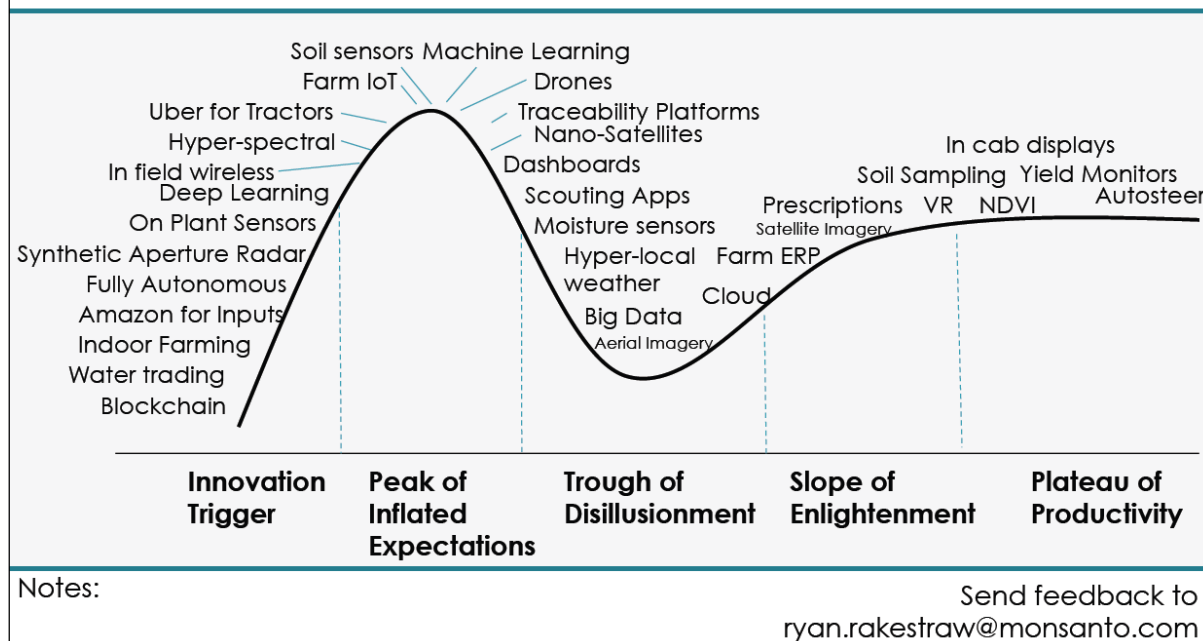
Spolu s rozvojem technologií z technického pohledu, je nezbytné, aby docházelo k chápání rozvoje technologií v precizním zemědělství i z uživatelského pohledu například v rámci oboru interakce člověka a počítače (Lindblom et al., 2016). Specifika interakce mezi uživateli a technologií pak mohou mít zásadní vliv na úspěšné zapojení precizního zemědělství v praxi (Kroulík et al., 2009). V některých případech pak může komfort uživatele, snížení stresu a pracovní zátěže být dokonce i primárním přínosem určité technologie. Jak například dokazuje (Holpp et al. 2013) využití RTK (real time kinematic) navigace má kromě zlepšení přesnosti řízení a zvýšení rychlosti otočky také zásadní vliv na snížení stresu řidičů zemědělské techniky.

Klíčovým faktorem při rozhodnutí zda určitou technologii zapojit do praxe je porozumění procesům zemědělské výroby. Pracovníci v managementu zemědělství musí volit mezi řadou možností aplikovaného výzkumu a technologií a v tomto rozhodovacím procesu je pak potřeba sjednotit předchozí zkušenosti pracovníků a zavádění nových technologií a postupů (Kumhála et al., 2003). Je potřeba vytvoření účinných rozhodovacích modelů a podpůrných prostředků pro dané fáze produkčního procesu. Základní premisou pro vhodné rozhodnutí je rychlá dostupnost kvalitních dat. Situace v evropském zemědělství je ale taková, že většina dat je roztráštěných a obtížně interpretovatelných. Skutečný potenciál dat spojených s precizním zemědělstvím tedy není naplno využíván (Fountas et al., 2015).

Rozšiřování prvků precizního zemědělství do reálného využití je tak stagnující proces, jak dokazují například (Schimmelpfennig a Ebel, 2016). Implementace technologií precizního zemědělství z pohledu zemědělce totiž představuje také zásadní ekonomické rozhodnutí. Nejdůležitějším faktorem, který může urychlit rozšíření aplikace precizního zemědělství je ziskovost, případně rychlost návratu investice. Pro účinnější přesun technologií precizního zemědělství do praxe je tedy nutné zajistit informovanost zemědělců o ekonomických benefitech těchto technologií (Katalin et al., 2014). Množství a typ skutečně v praxi nasazených technologií a postupů totiž úzce souvisí s důvody pro nasazení dané technologie, zejména ale ekonomickou efektivitou (Paustian a Theuvsen, 2016). Pro znázornění těchto jevů se hledají různé formy prezentace, jedním příkladem může být charakteristika vývoje technologií precizního zemědělství s využitím hype cyklu (Obrázek č. 1).

Precision Ag Innovation Hype Curve

Is this accurate? What is missing? What needs to be removed?



Obrázek č. 1: Precision Ag Innovation Hype Curve (Rakestraw, 2016)

Při analýze současných modelů a postupů využití precizního zemědělství je potřeba zohlednit jevy, které primárně vedou k adopci precizního zemědělství. Dosavadní studie ignorují informační, behaviorální a sociální aspekty vedoucí k rozhodnutí pro využívání precizního zemědělství. Studie rovněž přehlíží politické aspekty v rámci nichž však zemědělství nutně operuje. Porozumění těmto podmínkám, které tak mohou přesahovat primární motivaci pro využití precizního zemědělství, je nezbytné pro lepší integraci nových technologií precizního zemědělství v praxi (Tey a Brindal, 2012).

Materials and methods

Uživatelsko - technologický index precizního zemědělství je komplexní systém, který zahrnuje metodiku sběru, zpracování a prezentace dat a software dostupný přes webové rozhraní a všechny platformy mobilních zařízení.

Technické řešení

Na základě analýz bylo softwarové řešení UTIPA vyvinuto jako modulární webová aplikace, která reflektuje nejmodernější postupy a technologie. Aplikace využívá volně dostupný SW. Portál běží v prostředí webového serveru Apache a je napsána v jazyce PHP 7 s využitím nette frameworku (Nette Foundation, 2015). Data jsou ukládána do databázového systému MySQL. Pro grafickou vizualizaci obsahu jsou využívány technologie Google chart tools (Lee et al., 2014) a HTML, CSS, JS Framework Bootstrap.

Uživatelské prostředí je navrženo s využitím technologií responzivního webu (Šmejkalova et al., 2015), což umožňuje využívání portálu na různých zařízeních (mobil, tablet, desktop) prostřednictvím webového prohlížeče.

Relevance odpovědí

Data jsou získávána prostřednictvím online dotazníku, který je volně dostupný na internetu, z čehož plynou dvě zásadní hrozby pro datovou základnu, a to napadení dotazníku robotem (Wang et al., 2015) a uživatel, který vyplní dotazník bez jeho dostatečného prozkoumání. K odvrácení těchto hrozeb disponuje SW řešení dvěma mechanismy.

- Vkládané data je nutné verifikovat kliknutím na odkaz v zaslaném emailu.
- Práce uživatele s dotazníkem je neustále monitorována samoučícím algoritmem, který slouží k ověření relevance vkládaných dat. Princip algoritmu nemůže být z důvodu bezpečnosti publikován.

Výpočet indexu UTIPA a G-UTIPA

Ze získaných relevantních dat je ke každé technologii vypočítán index UTIPA (User-Technological Index of Precision Agriculture). Do výpočtů nejsou zahrnuta data od laické veřejnosti. Index se skládá z dvou částí, číselné hodnoty a doplňujícím znakem. Číselná část indexu nabývá hodnot v rozmezí 0 až 1 a vyjadřuje míru užitečnosti a vyspělosti technologie. Číselná hodnota může být doplněna znakem nabývajícím hodnot u nebo t a vyjadřuje lepší hodnocení ve prospěch užitečnosti pro praxi nebo technologické vyspělosti – umístění v grafu obr.5. Číselná hodnota indexu je vypočítána součtem průměrů hodnocení z odpovědí na technologickou vyspělost a užitečnost pro praxi. Výsledek je pak normalizován na interval $<0 - 1>$. Vzorec pro výpočet číselné hodnoty UTIPA:

$$UTIPA = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (u_i + t_i) - x_{min} \right)$$

kde:

n – počet respondentů

u – odpověď respondenta – užitečnost pro praxi

t – odpověď respondenta – technologickou vyspělost

x_{min} – minimální hodnota původního intervalu

x_{max} – maximální hodnota původního intervalu

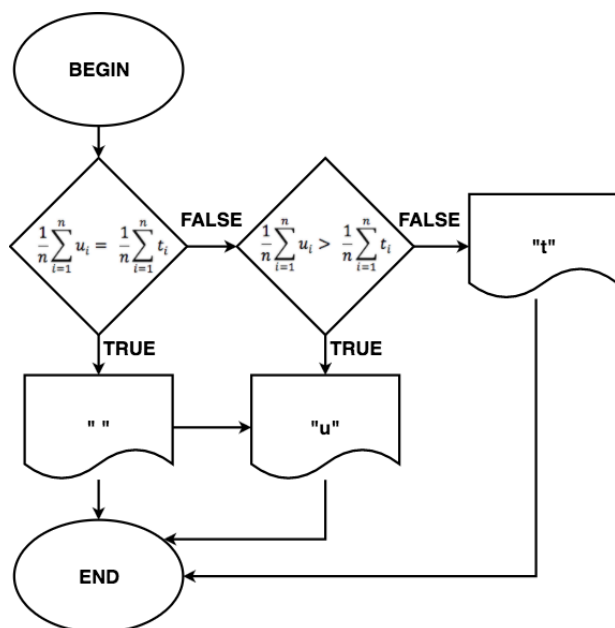
y_{min} – minimální hodnota nového intervalu

y_{max} – maximální hodnota nového intervalu

Po dosažení minimálních a maximálních hodnot nového a původního rozmezí lze vzorec zjednodušit na tvar:

$$UTIPA = \frac{0.125}{n} \left(\sum_{i=1}^n (u_i + t_i) \right) - 0.25$$

Dle následujícího algoritmu je rozhodnuto o použití doplňujícího znaku obr: 2



Obrázek 2: Algoritmus tvorby doplňujícího znaku UTIPA

Zdroj: autor

kde:

n – počet respondentů

u – odpověď respondenta – užitečnost pro praxi

t – odpověď respondenta – technologickou vospělost

<

Porovnání hodnocení

Jedna z hlavních funkcionalit aplikace UTIPA umožňuje zobrazit a porovnat různá hodnocení navzájem, např. Různé skupiny respondentů, země, vývoj v čase nebo také vlastní hodnocení jednotlivých technologií s hodnocením ostatních hodnotitelů. Toto zobrazení se skládá ze dvou částí – grafického zobrazení a číslem vyjadřující vzdálenost vlastního hodnocení od hodnocení ostatních respondentů. Tato vzdálenost je označena počítána vzorcem:

$$d = \sqrt{\left(u_r - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i\right)^2 + \left(t_r - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i\right)^2}$$

kde:

d – vzdálenost vlastního hodnocení respondenta od hodnocení ostatních respondentů

n – počet respondentů

u_r – vlastního hodnocení respondenta – užitečnost pro praxi

u – odpověď respondenta – užitečnost pro praxi

t_r – vlastního hodnocení respondenta – technologickou vyspělost

t – odpověď respondenta – technologickou vyspělost

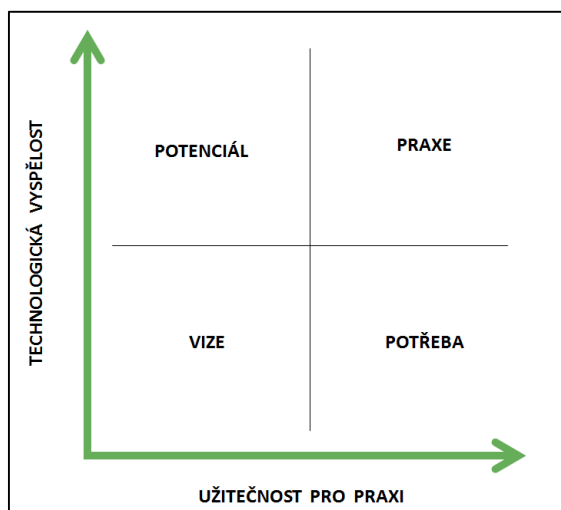
Results and discussion

Cílem „Uživatelsko – technologického indexu precizního zemědělství“ je zprostředkovat znalosti uživatelů, dodavatelů a výzkumníků v oblasti využití moderních technologií v zemědělství. Primárně je založen na pětibodovém hodnocení vybraných technologií (metod) precizního zemědělství z pohledu **technologické vyspělosti a užitečnosti pro zemědělskou praxi**. Hodnotí princip technologií a ne konkrétní produkty a výrobce.

Za nejlepší úroveň technologické vyspělosti / propracovanosti (5 bodů) hodnocených metod PZ obecně považujeme, že mají ověřenou funkčnost a provozní spolehlivost, uživatelské rozhraní pro využití v zemědělské praxi a jsou hromadně / sériově vyráběny, ideálně několika výrobci. **Za nejhorší úroveň** v této souvislosti považujeme technologie založené pouze na teoretické úvaze.

Za nejvyšší úroveň užitečnosti pro praxi (5 bodů) hodnocených metod považujeme jednak zkušenosti s výhodností z pohledu ekonomické efektivity, kvality i kvantity produkce, organizace a kontroly výrobního procesu, welfare apod., dále je také vysoce hodnoceno vnímání velikosti potenciálu hodnocené metody při řešení provozních nedostatků aktuálně využívaných technologií, tzn. potřeby inovace v dané výrobní oblasti. **Za nejhorší úroveň** pak při tomto hodnocení považujeme nejasnost způsobu využití a potenciálu přínosů.

Hodnocení vychází z individuálních poznatků a zkušeností respondentů. Významnou charakteristikou hodnocených technologií, je i její (ne)známost mezi respondenty. Na základě přidělených bodů je vypočten Index, s jehož pomocí můžeme porovnávat jednotlivé technologie, skupiny respondentů, země, změny v čase apod., ale také srovnat své hodnocení s ostatními. Zároveň nám vizualizace získaných hodnot nabízí řadu nových pohledů a zjištění, např. jednoduše umožní porovnat a rozdělit hodnocené technologie na čtyři základní skupiny (obrázek č.4):



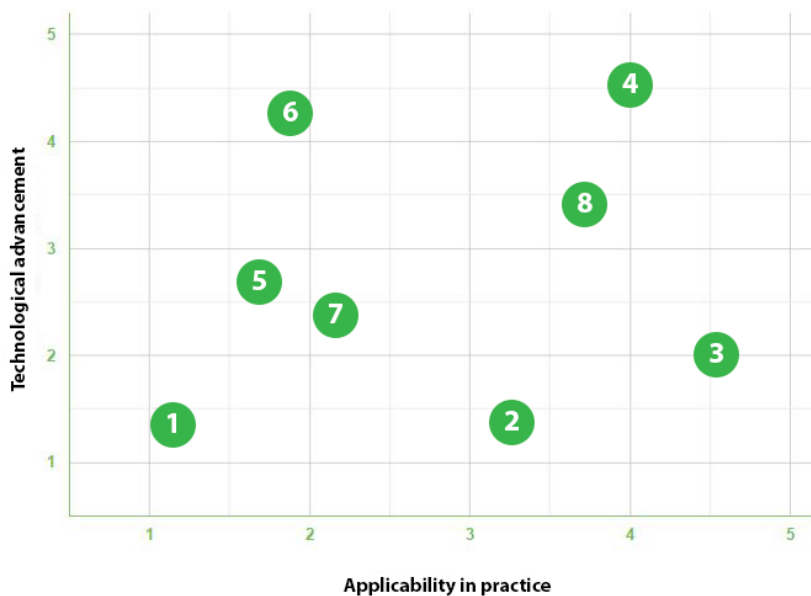
Obrázek č. 4: Porovnání potenciálu hodnocených technologií precizního zemědělství

- **Vize** – jedná se o záměr, hledání technologického řešení a způsobu využití
- **Potenciál** – dokonalé technologické řešení, problém s efektivitou a uživatelskou využitelností
- **Potřeba** – potřeba praxe, problém s technologickým rozvojem
- **Praxe** – cílový stav, dokonalé technologické řešení, ekonomická efektivnost a vysoká uživatelská využitelnost v praxi

Základní formy prezentace zpracovaných dat

Porovnání technologií

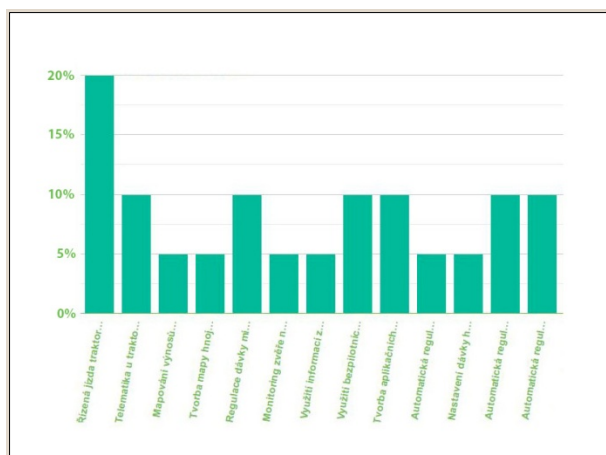
Základní zobrazení Uživatelko-technologického indexu precizního zemědělství. Na ose X je zobrazena „užitečnost pro praxi“ a na ose Y „technologická vyspělost“. Vynesením statisticky ošetřených hodnot do grafu získáme rychlý přehled a porovnání zvolených metod precizního zemědělství o jejich využití v praxi (Obrázek 5).



Obrázek č. 5: Vizualizace porovnání technologií PZ dle UTIPA

(Ne)znalost technologií

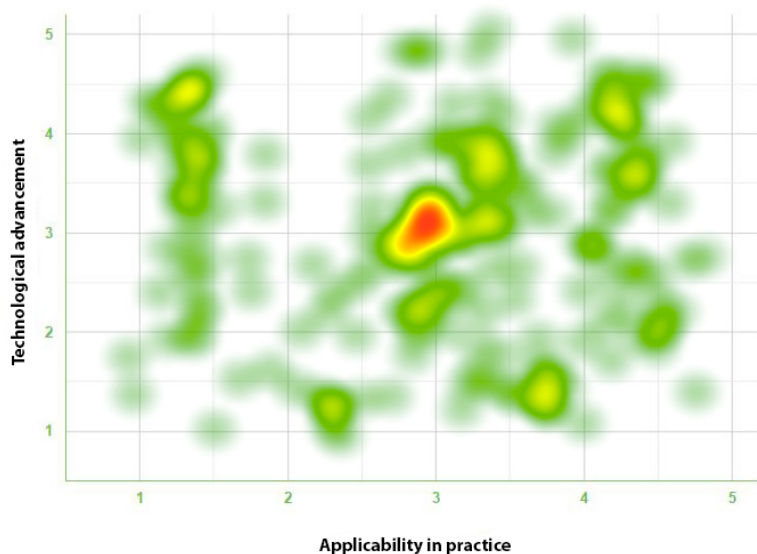
Výpočet UTIPA je pouze z hodnocení, kterým byly přiděleny body (1-5), určitým hodnocením metod precizního zemědělství je i % respondentů, kteří o dané technologii nemají dostatek informací a v hodnocení zvolili volbu „nedovedu posoudit“. Výstupem je tak srovnání (Ne)znalosti technologií (Obrázek 6).



Obrázek č. 6: Podíl respondentů, kteří dané technologie PZ vůbec neznají

Rozptyl hodnocení

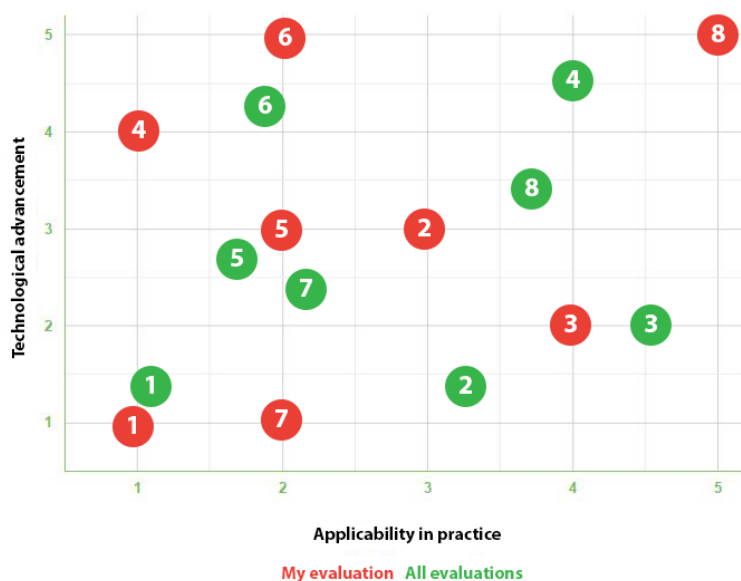
Pro grafickou prezentaci rozptylu hodnocení u jednotlivých metod je použit princip Heatmapy. Červená barva znamená největší výskyt, žlutá pak menší až postupně tyrkysová a modrá označuje nejmenší výskyt (Obrázek 7).



Obrázek č. 7: Heat mapa hustoty výskytu hodnocení jednotlivých respondentů

Porovnání hodnocení

Jedním z hlavních přínosů UTIPA je porovnání úrovně využití metod precizního zemědělství navzájem, dle různých uživatelů, plodin, regionů apod. V základním zobrazení grafu X, Y jsou zobrazeny a barevně odlišeny porovnávaná hodnocení. Na obrázku č. 8 je zobrazeno porovnání vlastního hodnocení s celkovým průměrem.



Obrázek č. 8: Příklad porovnání hodnocení různých respondentů

Conclusion

Nalezení vztahu mezi technologickou inovativností, ekonomickou efektivností a praktickou využitelností se řeší od počátku rozvoje precizního zemědělství (PZ). Existuje řada technologicky velmi vyspělých metod, jejichž využití v praxi není takové, jak se očekávalo. Na druhé straně je reálná poptávka farmářů po technologickém rozvoji v celé řadě oblastí. Efektivita a využitelnost se odvíjí od lokálních podmínek, obhospodařovaných plodin, liší se v různých zemích a vyvíjí se v čase.

Uživatelsko – technologický index precizního zemědělství je komplexní systém pro mezinárodní komunitu lidí se vztahem k preciznímu zemědělství, je přístupný každému, kdo respektuje pravidla používání. Funguje na principu „**jaká data poskytnu, k takovým datům mám následně přístup**“. Umožňuje dlouhodobé sledování vývoje a trendů precizního zemědělství. Význam má pro prezentaci potenciálu precizního zemědělství, plánování rozvoje a především pro nalezení vztahu mezi technologickou inovativností a užitečností pro praxi.

Přínosem může být pro všechny zájmové skupiny. Zemědělci se mohou dozvědět, jestli je pro ně nabízená technologie užitečná a zda má její význam. Dodavatelé často potřebují vědět, co jejich zákazníci (zemědělci) chtějí nebo očekávají, ale i jak se na jejich technologie dívají. Pro akademickou sféru může být zdrojem dat pro vědu a výzkum. V neposlední řadě může přispět k rozšíření povědomí o technologiích precizního zemědělství pro odbornou veřejnost.

V rámci další výzkumné činnosti bude rozvíjeno softwarové řešení. Předpokládá se doplnění webové aplikace o detailní přehled o jednotlivých technologiích tak, aby mohla být využívána jako spolehlivý zdroj informací. Vizualizace dat bude podrobena dalšímu výzkumu, aby přinášela významné výstupy pro jednotlivé cílové skupiny. Jedním z cílů je pak těsnější propojení a spolupráce mezi zemědělci, dodavateli, akademickou sférou a odbornou veřejností.

Acknowledgements

The knowledge and data presented in the present paper were obtained as a result the FEM CULS Prague Internal Grant Agency grant number 20171023 titled „User-Technological Index of Precision Agriculture “

Corresponding author:

Ing. Jan Jarolimek, Ph.D.

Department of Information Technologies, Faculty of Economics and Management

Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, Prague 6 - Suchdol, 165 00, Czech Republic

Phone: +00420 224 382 293, e-mail: jarolimek@pef.czu.cz

References

- Akdemir, B., Ungor, M. G., Saglam, N., Aydogdu, B., Belliturk, K., Kesici, E. and Urusan, A. (2014) „Development of a precision farming system for turkish farmers“, *Acta Horticulturae*, Vol. 1054, pp. 301-308. ISSN 0567-7572. DOI 10.17660/ActaHortic.2014.1054.36. Available: http://www.actahort.org/books/1054/1054_36.htm
- Cambouris, A. N., Zebarth, B. J., Ziadi, N. and Perron I. (2014) „Precision Agriculture in Potato Production“ *Potato Research*, Vol. 57, No. 3-4, pp. 249-262. ISSN 0014-3065. DOI 10.1007/s11540-014-9266-0. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s11540-014-9266-0>
- Fountas, S., Carli, G., Sørensen, C. G. et al. (2015) „Farm management information systems: Current situation and future perspectives“, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 115, pp. 40-50. ISSN 01681699. DOI 10.1016/j.compag.2015.05.011. Available: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168169915001337>
- Holpp, M., Kroulík, M., Kvíz, Z., Anken, T., Sauter, M., Hensel, O. (2013) „Large-scale field evaluation of driving performance and ergonomic effects of satellite-based guidance systems“, *Biosystems engineering*, Vol. 116, No. 2, pp. 190-197. ISSN 1537-5110.
- Katalin, T. G., Rahoveanu, T., Magdalena, M. and István, T. (2014) „Sustainable New Agricultural Technology – Economic Aspects of Precision Crop Protection“, *Procedia Economics and Finance*, Vol. 8, pp. 729-736. ISSN 22125671. DOI 10.1016/S2212-5671(14)00151-8. Available: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212567114001518>
- Kroulík, M., Kumhála, F., Hůla, J., Honzík, I. (2009) „The evaluation of agricultural machines field trafficking intensity for different soil tillage technologies“, *Soil & Tillage Research*, Vol. 105, No. 1, pp. 171-175. ISSN 0167-1987.
- Kumhála, F., Kroulík, M., Mašek, J., Prošek, V. (2003) „Development and testing of two methods for the measurement of the mowing machine feed rate“, *Plant Soil Environ*, Vol. 49, No. 11, pp. 519-524. ISSN 1214-1178.

- Lee, S., JO, J., Kim, Y. (2014) "Performance testing of web-based data visualization" *In: 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* , pp. 1648-1653 DOI: 10.1109/SMC.2014.6974152. ISBN 978-1-4799-3840-7.
- Lindblom, J., Lundström, Ch., Ljung, M., Jonsson, A. „Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies“, *Precision Agriculture*, ISSN 1385-2256. DOI 10.1007/s11119-016-9491-4. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s11119-016-9491-4>
- Nette Foundation. [Online]. Available: <http://nette.org/> [Accessed 12 December 2016].
- Paustian, M., Theuvsen, L. (2016) „Adoption of precision agriculture technologies by German crop farmers“, *Precision Agriculture*, ISSN 1385-2256. DOI 10.1007/s11119-016-9482-5. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s11119-016-9482-5>
- Rakestraw, R. (2016) „Precision Ag Innovation Hype Curve“ [online], [cit. 2017-01-09] <<https://drive.google.com/file/d/0B0w-0TilL5ROMHA5bm1HS3pycVU/view>>
- Shen, S., Basist A., Howard, A. (2010) „Structure of a digital agriculture system and agricultural risks due to climate changes“, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, Vol. 1, pp. 42-51. ISSN 22107843. DOI 10.1016/j.aaspro.2010.09.006. Available: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210784310000070>
- Schimmelpfennig, D., Ebel, R. (2016) „Sequential Adoption and Cost Savings from Precision Agriculture“, *Journal of Agricultural and Resource Economics*, Vol. 41, No. 1, pp. 97-115. ISSN 1068-5502.
- Šmejkalova, M. Benda, P., Ulman, M. (2015) "Usability and Accessibility analysis of Czech agrarian portals". *In Agrarian Perspectives XXIV. – Global Agribusiness and Rural Economy*, Prague, pp. 456-462. ISBN 978-80-213-2581-4.
- Tey, Y. S., Brindal, M. (2012) „Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications“, *Precision Agriculture*, Vol. 13, No. 6, pp. 713-730. ISSN 1385-2256. DOI 10.1007/s11119-012-9273-6. Available: <http://link.springer.com/10.1007/s11119-012-9273-6>
- Wang, J., Zhang, M., Yang, X., Long, K, Xu, J. (2015) „HTTP-sCAN: Detecting HTTP-flooding attack by modeling multi-features of web browsing behavior from noisy web-logs“, *China Communications*, Vol. 12, No. 2, pp. 118-128. ISSN 1673-5447. DOI: 10.1109/CC.2015.7084407.