

Nastavení optimální teploty v kabině automobilu pomocí strojového učení

Jan Málek

Faculty of Informatics and Management
University of Hradec Kralove,
Hradec Kralove, Czech Republic
malekja1@uhk.cz, janmalek@centrum.cz

Abstract

Teplotní komfort zásadně ovlivňuje lidskou spokojenost. To platí i za volantem automobilu, kde navíc nesprávně nastavená teplota, nebo i zvýšená pozornost nutná k jejímu nastavení, může vést k zvýšenému riziku nehody. V tomto dokumentu navrhujeme automatické řešení pro nastavování teploty v kabině automobilu na základě preferencí, které přepravované osoby v minulosti projevily, jejich určení metodou strojového učení a vybrání optimálního modelu pro nastavení teploty z rodiny kandidátských modelů.

Keywords- *machine learning, optimal temperature, thermal comfort, intelligent heating, car heating*

I. ÚVOD

Tepelný komfort je nutný předpoklad pro lidskou spokojenost. Za volantem automobilu je správně nastavená teplota zásadní pro získání dobrého pocitu z řízení. Přílišná pozornost řidiče, kterou by za účelem přenastavení teploty, bylo nutné vyvíjet, navíc odpoutává pozornost od jiných řidičských povinností a snižuje tak bezpečnost jízdy.

V tomto dokumentu tedy popisujeme model, který na základě externích proměnných a projevených preferencí řidiče zjištěných pomocí strojového učení dokáže optimální teplotu v kabině automobilu nastavovat bez dalšího zásahu řidiče.

Pokud můžeme soudit, je toto inovativní přístup. Standardním řešením použitým ve vyspělejších vozech dneška (viz například nové modely automobilů značky Volkswagen) je existence uživatelských profilů, kde je pro každého řidiče k dispozici uložení jeho osobních preferencí nastavení klimatizace. Řešení popisované v tomto dokumentu jde ale mnohem dál ve snaze usnadnit řidiči automobilu život.

II. DEFINICE PROBLÉMU

Literatura ^(i, ii) uvádí externí faktory, které určují tepelný komfort pro člověka vystaveného těmto faktorům. Pro kombinaci takových faktorů je jedinec schopný prohlásit, zda je pro jeho tepelný komfort ideální, nebo naopak není. Jednotlivé faktory jsou navíc zástupné, tedy hodnota jednoho faktoru vedoucí k nižší vnímané teplotě může být nahrazena nastavením jiného faktoru na hodnotu vedoucí k vyšší vnímané únavě.

Dále je nezbytné zmínit, že efekt faktorů na tepelný komfort člověka může být individuální. Proměnná, která má vysoký vysvětlující vliv na vnímanou teplotu daného jednotlivce, nemusí mít žádný vliv na vnímanou teplotu jiného člověka.

V tomto dokumentu ale zvolíme jiný přístup. Budeme pracovat s množinou externích faktorů a pro dané hodnoty těchto externích faktorů docílíme tepelného komfortu nastavením teploty v kabině vozidla.

Seznam těchto externích faktorů¹, které ovlivňují pocit tepelného komfortu, je následující:

- Metabolická aktivita (Metabolic_rate)
- Oblečení (Clothing_insulation)
- Rychlost proudění vzduchu² (Air_speed)
- Vlhkost vzduchu (Relative_humidity)

Z poněkud jiného důvodu uvádíme v následujícím výčtu externích proměnných i pocit únavy (Fatigue). Pociť únavy sice nemá jednoznačný vliv na vnímanou teplotu, ve spojitosti s vysokou nastavenou teplotou v kabině ale může

způsobit usnutí řidiče. Osvícený řidič si tedy v případě pocitu únavy nastaví nižší teplotu v kabině, tak aby minimalizoval riziko mikrosnápku.

Seznam všech proměnných, které budeme v následujících kapitolách používat v modelu jako externí/vysvětlující pro predikci optimální teploty i s vysvětlením jejich významu, uvádí následující tabulka.

Proměnná	Efekt
Metabolic_rate ⁽ⁱⁱⁱ⁾	Osoba s vyšší metabolickou aktivitou bude při stejné teplotě pociťovat vyšší vnímanou teplotu. Vysoký, svalnatý muž se teď y bude cítit tepleji, než útlá žena.
Clothing_insulation	Dodatečná vrstva oblečení působí jako izolace, omezuje tepelnou ztrátu a oblečený člověk proto pociťuje vyšší vnímanou teplotu
Air_speed	Rychlejší proudění vzduchu zvyšuje tepelnou ztrátu a člověk pociťuje nižší vnímanou teplotu
Relative_humidity	Vyšší vlhkost zvyšuje tepelnou ztrátu a člověk pociťuje nižší vnímanou teplotu.
Fatigue	Pocit únavy sice nemá jednoznačný vliv na vnímanou teplotu, ve spojitosti s vysokou nastavenou teplotou v kabině ale může způsobit usnutí řidiče. Osvícený řidič si tedy v případě pocitu únavy nastaví nižší teplotu v kabině, tak aby minimalizoval riziko mikrosnápku.

Abychom měli vliv externích proměnných dobře demonstrovat, celou úlohu popsanou v následujících kapitolách a v příložené aplikaci budeme provádět pro 2 hypotetické osoby řídící jedno vozidlo a pravidelně se střídající při jeho užívání. Tyto 2 hypotetické osoby, pojmenujme je pan Novák a paní Nováková, se liší následujícími charakteristikami, které determinují jejich preference ohledně nastavení teploty v kabině automobilu

¹ V tomto seznamu externích proměnných nefiguruje teplota okolního prostředí, protože ta bude v modelu figurovat v pozici vysvětlované proměnné.

² Tím se myslí nastavení větráků a jím způsobené proudění

ve vztahu k externím proměnným uvedeným dříve v této kapitole.

Vzorci v chování	Karel Novák	
	Karel Novák	Marta Nováková
Metabolic_rate	chlap jako hora, 200 cm a 120 kg	útlá žena, 160 cm a 40 kg
Clothing_insulation	v zimě se do auta nesvléká a řídí v zimní bundě	řídí vždy jen v tričku
Air_speed	používá ventilaci nastavenou na minimální výkon	používá ventilaci nastavenou na maximální výkon, protože má ráda, když vzduch kolem sviští
Relative_humidity	pokud je vysoká vlhkost, preferuje vyšší nastavenou teplotu	
Fatigue	pokud cítí únavu, nastaví trochu nižší teplotu, aby zůstal čilý a nevyboural se	vlivu teploty na zvýšení pravděpodobnosti

Z výše uvedené tabulky a efektu externích proměnných, který byl popsán dříve v této kapitole, je pravděpodobné, že pan Novák při řízení vozidla preferuje výrazně nižší nastavenou teplotu oproti paní Novákové. Tedy musí při každé změně řidiče udělat nový řidič přenastavení teploty. To pravděpodobně provede až během řízení a odpoutá tak svojí pozornost od řízení vozidla.

Aby takovéto ztrátě pozornosti mohlo být zamezeno, zkonstruujeme v následujících kapitolách predikční model pro odhad optimální teploty ve vozidle, který umožní její automatické nastavení pro daného řidiče a dané externí faktory.

III. NOVÉ ŘEŠENÍ

Jak bylo předznamenáno v předchozích kapitolách, cílem je vyvinout systém, který na základě daných externích proměnných a v minulosti projevených preferencích řidiče nastaví automaticky teplotu bez dalšího zásahu. Z toho plyne požadavek na dostupnost dat dvojího druhu

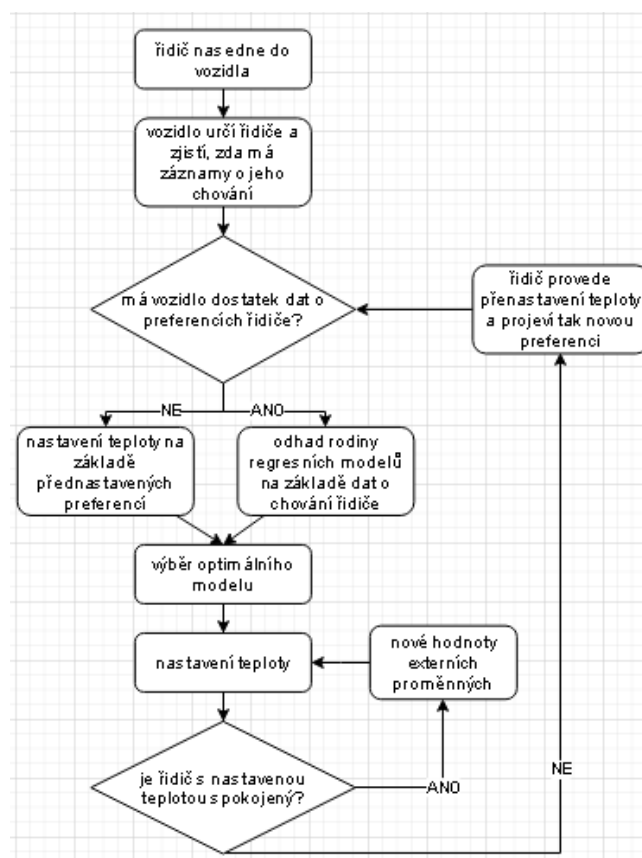
1. data pro externí proměnné (=vysvětlující proměnné)
2. v minulosti projevené preference řidiče ohledně optimální teploty (=vysvětlovaná proměnná)

Pro účely tohoto dokumentu budeme předpokládat, že pro externí proměnnou (respektivě její proxy) máme senzor, který vždy spolehlivě zjistí její hodnotu. Naopak pro projevené preference řidiče ohledně optimální teploty senzor nemáme a jsme závislí na tom, že řidič aktivně projeví preferenci.

Jako projevení preference řidiče ohledně optimální teploty chápeme to, když systém nastaví na základě vybraného modelu a hodnot externích proměnných teplotu, ale uživatel se rozhodne ji manuálně přenastavit na jím zvolenou hodnotu. V takovém případě získá systém nová data o preferencích řidiče a na jejich základě provede rekaliibraci predikčních modelů. Rekalibrované modely poté používá k nastavení optimální teploty na základě externích proměnných.

Sběr dat o preferencích daného řidiče může nějaký čas trvat. V případě, že systém ještě nemá dostatek dat pro vlastní odhad modelů, použije přednastavený model (=z továrny) s fixními koeficienty vhodný pro řidiče se standardními preferencemi ohledně teplotního komfortu.

Celý výše popsaný princip zobrazuje následující UML diagram.



IV. IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ

Jednotlivé modely z rodiny kandidátských modelů pro nastavení optimální teploty mají formu lineárních regresních

modelů (^{iv}, viz. první vzorec). Tedy, model vysvětlující optimální teplotu pro daného jednotlivce má formu:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$$

, kde

subscript i označuje časovou periodu pozorování

Y_i je vektor optimální teploty

β je vektor preferencí řidiče vzhledem k externím proměnným

X_i je vektor externích/vysvětlujících proměnných

ε_i je stochastická komponenta modelu

Výše popsany model můžeme jednoduše odhadnout pomocí metody nejmenších čtverců (^v, viz. druhý vzorec), tedy následující maticovo formou :

$$\begin{pmatrix} b_0 \\ \vdots \\ b_k \end{pmatrix} = (X^T X)^{-1} (X^T Y)$$

, kde sloupcový vektor parametrů $b_0 \dots b_k$ je vhodným (^{vi}) odhadem vektoru β .

Z množiny kandidátských specifikací modelu, kde jednotlivé specifikace se liší zahrnutými externími proměnnými, odhadnutými na všech dostupných datech pro daného řidiče, vybereme specifikaci nejlépe predikující optimální teplotu na kratším časovém období bezprostředně předcházejícímu období, na které má systém predikovat optimální teplotu.

Pomocí schopnosti vybrat mezi kandidátskými modely ten nejlépe vysvětlující bezprostředně proběhlé časové období se pokoušíme adresovat problém, že vliv jednotlivých externích proměnných nemusí být v čase stabilní. Daná proměnná například nemusí mít stejný vliv v zimě i v létě.

Celé technické řešení spolu s příloženými soubory je uloženo na <https://github.com/janmalek1/KIT-SMAP>. Zde jsou uloženy následující soubory.

1. *Nastaveni_optimalni_teploty.xlsm*

->excelový soubor s daty, na kterých byly odhadnuty prezentované výsledky

->obsahuje celé technické řešení pro odhad modelů

->je zde možnost vložit nová data a na jejich základě si rekalibrovat modely

2. *Nastaveni_optimalni_teploty.docx*

->průvodní dokument popisující celé technické řešení

3. *README.md*

->popis excelového souboru, návod na jeho ovládání

4. *Nastaveni_optimalni_teploty.rdf*

->zotero soubor s uloženými referencemi

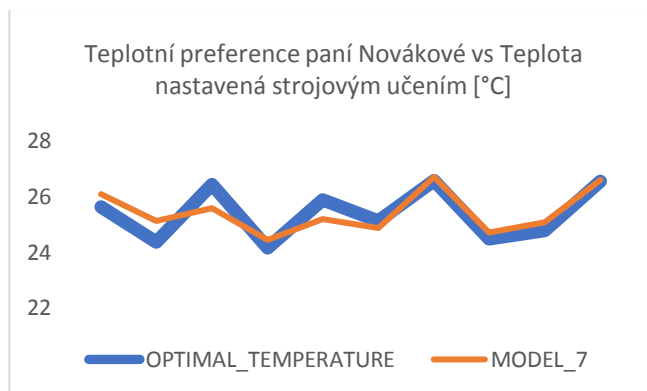
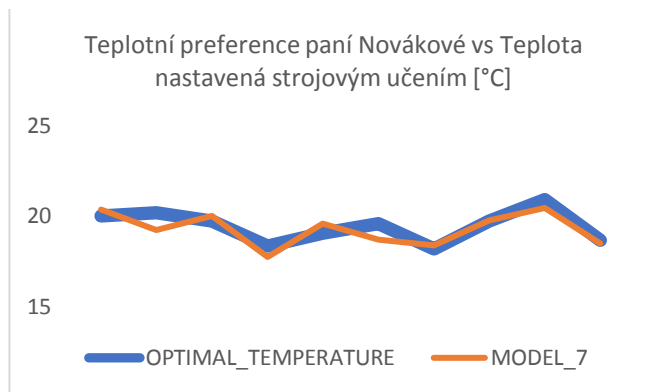
V úvodní kapitole byly kandidátské externí proměnné popsány a pojmenovány tak, jak to odpovídá dohledané literatuře. V našem technickém řešení ale pro každou takovou proměnnou používáme její proxy, které je zjistitelné pomocí nějakého hypoteticky existujícího senzoru. List takových proxy pro jednotlivé externí proměnné uvádíme v následující tabulce.

Proměnná	Proxi použité v modelu
Metabolic_rate	váha řidiče
Clothing_insulation	počet vrstev oblečení na škále 0 - 999
Air_speed	intenzita větráku na škále 1 - 5
Relative_humidity	relativní vlhkost na škále 0 % – 100 %
Fatigue	1 ... řidič cítí únavu 0 ... řidič se cítí svěží

V. TESTOVÁNÍ VYVINUTÉ APLIKACE - ŘEŠENÍ

Jak už bylo zmíněno, postup k používání aplikace je uveden v souboru README.md. Celá funkcionalita je zajištěna pomocí tlačítek „simulate“, které nasimuluje data a poté z nich pomocí machine-learningu odhadne individuální preference řidičů, a tlačítka „vymaž“, které smaže všechny nasimulovaná data a výsledky všech modelů a umožní tak začít simulaci odznovu.

Následující graf porovnává teplotu, kterou řidič vozidla považoval za optimální versus systémem nastavenou teplotu pomocí modelu, který byl vybrán jako optimální z rodiny uvážovaných regresních modelů. Predikční modely pro oba řidiče byly vyvinuty na 60ti projevených preferencích každého z řidičů.



Vypočtené regresní koeficienty optimálních regresních modelů, pomocí kterých byly nafitované hodnoty prezentované v předešlých grafech jsou dohledatelné v excelovém souboru na listě „3_REGRESSION_1“ (pro pana Nováka) a „3_REGRESSION_2“ (pro paní Novákovou), zároveň zde jsou vidět i odhady všech dalších uvažovaných modelů. Nafitované hodnoty pro odhady optimální teploty, tedy obdobná data k datům prezentovaným ve dvou předešlých grafech, získané pomocí dalších uvažovaných modelů jsou vidět v listech „4_VALIDATION_1“ (pro pana Nováka) a „4_VALIDATION_2“ (pro paní Novákovou).

Pokud můžeme soudit, vykazují výsledky optimálního modelu velmi dobrou vysvětlující sílu. Ta se navíc ještě výrazně zlepšuje s dodatečnými projevenými preferencemi řidiče.

VI. ZÁVĚR

V tomto dokumentu byl představen inovativní přístup pro nastavení teploty zajišťující teplotní komfort řidiče ve vozidle. Přístup navíc zajišťuje značnou flexibilitu pro to, aby se metody strojového učení naučily preference každého řidiče. K tomu je navíc adresován problém, že vliv jednotlivých externích proměnných determinujících teplotní komfort nemusí být v čase stabilní.

Zároveň by bylo dobré jmenovat zápory použitého přístupu a prezentovaného technického řešení. Začneme vyjmenováním záporů týkajících se použitého přístupu:

1. Pokud řidič neprovádí v prvotní fázi, kdy by se měl systém učit jeho preference, častou korekcí teploty, může to být pro učící se schopnost systému problém. Minimálně to prodlužuje dobu, kdy systém nezná řidičovy preference a musí používat preference

přednastavené až do doby, než se pomocí dostatku dat preference naučí.

2. Používá pouze omezenou rodinu predikčních modelů s omezenou množinou vysvětlovaných proměnných. Nutně se tu tedy budeme potýkat s problémy způsobenými použitím lineárních regresních forem modelů a jejich odhadem.
3. Hodnoty externích/vysvětlujících proměnných by v reálu nebylo možné získat. V textu sice předpokládáme existenci hypotetického senzoru, který tyto data dodá, takový senzor ale pravděpodobně v blízké době nezačne existovat.

Další rozsáhlá kritika může být adresována na technické řešení prezentovaného projektu

1. V celém projektu se pracuje pouze s nasimulovanými daty. Omluvou za toto zjednodušení budiž fakt, že jsme se při simulaci pokusili nasimulovat efekt jednotlivých externích proměnných, který má silnou oporu ve vědecké literatuře, a efekt preferencí uživatelů vozidla jasně definovaný na začátku tohoto dokumentu (viz. tabulka preferencí pro pana Nováka a paní Novákovou).
2. Technické řešení jsme vyrobili v programu Excel, použili zabudovanou funkci pro odhad lineárních regresních modelů a automatizaci zajistili použitím programovacího jazyka VBA... Toto se bohužel nedá nazvat v praxi použitelným řešením. K praktickému využití ve skutečném vozidle by bylo zapotřebí mít celé řešení vytvořené na jiné platformě... Na obranu tohoto dokumentu, vytvoření v praxi použitelného řešení ve skutečnosti ani nebylo záměrem. Záměrem bylo spíše představit nový přístup k udržování tepelného komfortu řidiče ve vozidle a tento přístup demonstrovat na nějakém jednoduchém prototypu.

REFERENCE

- i „Standard 55 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy“, viděno 15. leden 2020, <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>.
- ii „Thermal Comfort“, in Wikipedia, 27. prosinec 2019, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermal_comfort&oldid=932611090.
- iii Rabiatal Adawiyah Nasir, Sabarinah Sh Ahmad, a Azni Zain Ahmed, „Physical Activity and Human Comfort Correlation in an Urban Park in Hot and Humid Conditions“, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, AicE-Bs 2013 London (Asia Pacific International Conference on Environment-Behaviour Studies), 4-6 September 2013, 105 (3. prosinec 2013): 598–609, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.063>.
- iv Jeffrey M. Wooldridge, *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (Cengage Learning, 2008).
- v Nasir, Rabiatal Adawiyah, Sabarinah Sh Ahmad, a Azni Zain Ahmed, „Physical Activity and Human Comfort Correlation in an Urban Park in Hot and Humid Conditions“. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, AicE-Bs 2013 London (Asia Pacific International Conference on Environment-Behaviour Studies), 4-6 September 2013, 105 (3. prosinec 2013): 598–609. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.063>.
- vi R. L. Plackett, „SOME THEOREMS IN LEAST SQUARES“, *Biometrika* 37, č. 1–2 (1. červen 1950): 149–57, <https://doi.org/10.1093/biomet/37.1-2.149>.