OPERAČNÍ VÝZKUM
v denním životě

doc. RNDr. David Bartl, Ph.D.

katedra matematiky
Přírodovědecká fakulta
Ostravská univerzita v Ostravě
30. dubna 22
701 03 Ostrava

Osnova

- Úvod: Co je operační výzkum?

- Příklady aplikací:
  - Nalezení nejkratší/nejrychlejší cesty
    - Satelitní navigace
    - Vyhledání spojení

  Optimalizace & Lineární optimalizace
  - Výroba travních směsí
  - Úloha obchodního cestujícího
    - Svoz mléka
    - Svoz odpadu
    - Rozvoz zboží
    - Výroba desek s tištěnými spoji

- Matematika a Operační výzkum 3x pro společnost:
  - Optimalizace záchranných prací v případě přicházející povodně
  - Optimální stravování (úloha o dietě)
  - Zemědělství: Jakou odrůdu zasadit/zasít?

- Reference

Operační výzkum —

— odvětví aplikované matematiky,

— disciplína používání
pokročilých analytických metod
pomáhající při činění lepších rozhodnutí.

Operační výzkum —

— **disciplína** používání pokročilých analytických metod pomáhající při činění lepších rozhodnutí.

Disciplína — operačním výzkumem není pouhé použití informačního systému, sledujícího například skladové zásoby, nýbrž jde o odbornou oblast *aplikací* (*používání*).

Operační výzkum —

— disciplína **používání** pokročilých analytických metod pomáhající při činění lepších rozhodnutí.

Aplikace (*používání*) — operační výzkum není jenom teorie, ale snaží se nalézat řešení reálných problémů každodenního života. Za tímto účelem používá *pokročilé analytické metody*.

Operační výzkum —

— disciplína používání **pokročilých analytických metod** pomáhající při činění lepších rozhodnutí.

Pokročilé analytické metody — řešený problém je popsán jazykem matematiky. Ten již lze snadno přeložit do jazyka počítačů, které hledají řešení dané úlohy.

Operační výzkum —

— disciplína používání pokročilých analytických metod **pomáhající při činění lepších rozhodnutí**.

Účelem operačního výzkumu je *pomoci*, a to *činit lepší rozhodnutí*.

Operační výzkum —

— disciplína používání pokročilých analytických metod **pomáhající při činění lepších rozhodnutí**.

Účelem operačního výzkumu je *pomoci*, a to *činit lepší rozhodnutí*.

Rozhodnutí (například):

— jakou trasu zvolíme, chceme-li se dostat z místa A do místa B;

Operační výzkum —

— disciplína používání pokročilých analytických metod **pomáhající při činění lepších rozhodnutí**.

Účelem operačního výzkumu je *pomoci*, a to *činit lepší rozhodnutí*.

Rozhodnutí (například):

— jakou trasu zvolíme, chceme-li se dostat z místa A do místa B;

— jak stanovíme optimální dráhu vrtačky pro vrtání otvorů při sériové výrobě desek s tištěnými spoji;

Operační výzkum —

— disciplína používání pokročilých analytických metod **pomáhající při činění lepších rozhodnutí**.

Účelem operačního výzkumu je *pomoci*, a to *činit lepší rozhodnutí*.

Rozhodnutí (například):

— jak sestavíme školní rozvrh hodin bez kolizí;

Operační výzkum —

— disciplína používání pokročilých analytických metod **pomáhající při činění lepších rozhodnutí**.

Účelem operačního výzkumu je *pomoci*, a to *činit lepší rozhodnutí*.

Rozhodnutí (například):

— jak sestavíme školní rozvrh hodin bez kolizí;

— jak má firma sestavit svůj výrobní program, aby maximalizovala svůj zisk?

Operační výzkum —

— disciplína používání pokročilých analytických metod pomáhající při činění **lepších** rozhodnutí.

Úlohy, které je třeba řešit, bývají obtížné. Proto operační výzkum je zaměřen na hledání *lepšího* rozhodnutí, ne nutně *nejlepšího* (neboť to nemusíme být schopni najít v přiměřeném čase).

Operační výzkum —

— je zaměřen prakticky a snaží se poskytnout rozumná řešení;

— jeho posláním je řešit i velké úlohy;

— spočívá v aplikaci pokročilých analytických metod;

Operační výzkum —

— je zaměřen prakticky a snaží se poskytnout rozumná řešení;

— jeho posláním je řešit i velké úlohy;

— spočívá v aplikaci pokročilých analytických metod;

— tudíž...

Operační výzkum —

— se opírá o znalosti mnoha matematických, ale i informatických a ekonomických oblastí,

— např. optimalizace, statistika, teorie pravděpodobnosti, teorie grafů, síťová analýza, teorie her, simulace a další.

Operační výzkum v denním životě

aneb

PŘÍKLADY APLIKACÍ

Nalezení nejkratší/nejrychlejší cesty

— Města (na mapě i ve skutečnosti) jsou spojena silniční sítí. Jednotlivé spoje jsou ohodnoceny délkou v km / dobou jízdy v minutách. Je zadáno město A a město B. Nalezněte nejkratší/nejrychlejší cestu.

— Poměrně „snadná“ úloha – v tom smyslu, že známe velmi efektivní algoritmus řešení.

Nalezení nejkratší/nejrychlejší cesty

— Města (na mapě i ve skutečnosti) jsou spojena silniční sítí. Jednotlivé spoje jsou ohodnoceny délkou v km / dobou jízdy v minutách. Je zadáno město A a město B. Nalezněte nejkratší/nejrychlejší cestu.

— Poměrně „snadná“ úloha – v tom smyslu, že známe velmi efektivní algoritmus řešení.

Pro znalce:

— Dijkstrův algoritmus.
Implementace využije Fibonacciho haldy.

Nalezení nejkratší/nejrychlejší cesty

Satelitní navigace

— Spíše technický problém – aby „krabička“ verze *xyz* správně načetla mapové podklady a aby správně komunikovala se satelity *abc*.

IDOS - Jízdní řády

— Města = železniční aj. stanice/zastávky.

— Spojující silnice = existující vlakové aj. spojení.

— Opět spíše technický problém.

Optimalizace

— Hledá *maximum* (popř. minimum) předepsané cílové *funkce na* předepsané *množině* přípustných řešení.

— Množina přípustných řešení – matematický popis prakticky resp. fyzikálně realizovatelných možností.

— Cílová funkce – ohodnocuje přípustná řešení – vyjadřuje např. zisk.

Lineární optimalizace

— nejjednodušší úlohy: vše je lineární.
Např.

maximalizovat $c_1x_1 + \quad c_2x_2 + \cdots + \quad c_nx_n$

za podmínek

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \leq b_1\,,$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \leq b_2\,,$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m\,,$$

$$x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0\,.$$

Optimalizace výrobního programu: výroba travních směsí

— Uvažujme firmu připravující osiva – různé travní směsi (parková, rekreační, hřištní, ...).

Optimalizace výrobního programu: výroba travních směsí

— Firma vyrábí n travních směsí (parková, rekreační, hřištní, ...).

— Směs vzniká mísením m vstupních surovin (kostřava červená dlouze výběžkatá, kostřava červená krátce výběžkatá, kostřava červená trsnatá, kostřava ovčí, kostřava rákosovitá, kostřava luční, lipnice luční, lipnice hajní, psineček tenký, jílek vytrvalý, jílek mnohokvětý, poháňka hřebenitá, jetel luční, jetel plazivý, jetel zvrhlý, bojínek luční) v určitém poměru.

Optimalizace výrobního programu: výroba travních směsí

— Nechť a_{ij} označuje hmotností zastoupení suroviny číslo $i = 1, 2, \ldots, m$ (kostřava, ...) v jedné jednotce, tj. v 1 kg, výrobku číslo $j = 1, 2, \ldots n$ (směs parková, ...).

— Dostupnost vstupních surovin je dána úrodou. Nechť b_i označuje hmotnostní množství suroviny číslo $i = 1, 2, \ldots, m$ (kostřava, ...), které je k dispozici.

Optimalizace výrobního programu: výroba travních směsí

— Firma své výrobky prodává. Jednu jednotku (1 kg) výrobku číslo $j = 1, 2, \ldots, n$ (směs parková, ...) prodává v obchodech za c_j peněz.

— Stanovte výrobní program, tj., určete množství $x_1, x_2, \ldots, x_n$ travních směsí, která se mají vyrobit tak, aby tržba resp. zisk byly maximální a nepřekročila se dostupná množství surovin.

Úloha lineární optimalizace

Optimalizace výrobního programu: výroba travních směsí

Maximalizujte $c_1x_1 + \quad c_2x_2 + \cdots + \quad c_nx_n$

za podmínek

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \leq b_1\,,$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \leq b_2\,,$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \leq b_m\,,$$

$$x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0\,.$$

Úloha obchodního cestujícího

— Obchodní cestující se nachází ve městě č. 1 (domov) a postupně má navštívit (v libovolném pořadí) města č. 1, 2, $\ldots$, n.

— Vzdálenost mezi městy i a j je d_{ij} kilometrů.

— Určete okružní trasu mezi městy tak, aby obchodní cestující navštívil každé město právě jednou a celková délka trasy byla minimální!

Úloha obchodního cestujícího

— Na rozdíl od úlohy nalezení nejkratší cesty jde o „obtížnou“ úlohu.

Úloha obchodního cestujícího

— Na rozdíl od úlohy nalezení nejkratší cesty jde o „obtížnou“ úlohu.

Pro znalce:

— Rozhodovací problém, v němž vstupem je ohodnocený úplný graf a číslo $\check{c}$ a otázka je „Existuje v grafu hamiltonovská kružnice délky $\leq \check{c}$?“ je NP-úplný.

Úloha obchodního cestujícího

— Na rozdíl od úlohy nalezení nejkratší cesty jde o „obtížnou“ úlohu.

Pro znalce:

— Rozhodovací problém, v němž vstupem je ohodnocený úplný graf a číslo $\check{c}$ a otázka je „Existuje v grafu hamiltonovská kružnice délky $\leq \check{c}$?“ je NP-úplný.

— Tudíž úloha obchodního cestujícího jako taková je NP-těžká.

Úloha obchodního cestujícího

— Efektivní algoritmus, který nalezne optimální řešení úlohy obchodního cestujícího, není znám.

— Teoretický výzkum, jak tuto úlohu efektivně řešit, intenzivně probíhá. (Úloha se formuluje jako úloha *celočíselné* lineární optimalizace.)

— Díky teoretickým výsledkům se daří přesně řešit i velké úlohy (tisíce měst).

Úloha obchodního cestujícího

— Protože úloha je to opravdu obtížná, řešit se zkrátka musí a alespoň nějaké řešení bychom rádi v „přiměřeném“ čase, v praxi se spokojíme i s přibližným řešením.

— Takové řešení lze nalézt mj. heuristickými algoritmy (simulované žíhání, genetické algoritmy aj.).

Úloha obchodního cestujícího

— I když si řešení úlohy obchodního cestujícího „zjednodušíme“ použitím „inženýrských“ postupů (heuristické algoritmy), měli bychom znát **teoretický** odhad optimální hodnoty h_{opt}.

— Abychom, až nějaké skoro optimální řešení s hodnotou h najdeme, mohli říci, že poměr $(h - h_{\mathrm{opt}})/h_{\mathrm{opt}}$ již je malý, a tudíž nalezené řešení vyhovuje.

Úloha obchodního cestujícího

Svoz mléka

— Cisterna denně objíždí zemědělská družstva, farmy a usedlosti a odebírá mléko.

— Z důvodů úspor paliva chceme nalézt co nejkratší okružní trasu.

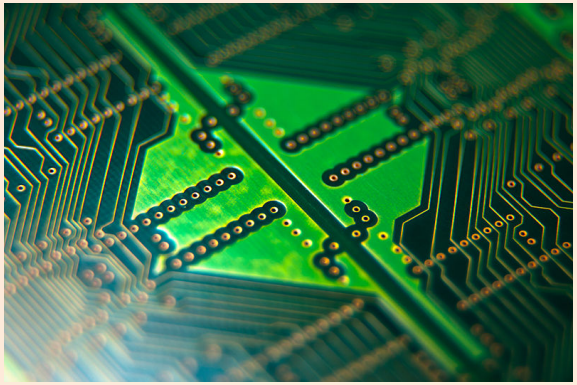
Úloha obchodního cestujícího

Svoz odpadu

Rozvoz zboží

Úloha obchodního cestujícího

Výroba desek s tištěnými spoji



— V určité fázi výroby se do desky vrtají otvory. Výroba je sériová.

— Je třeba nalézt optimální okružní trasu vrtačky.

A na závěr ...

A na závěr tři výzvy

A na závěr tři výzvy

aneb

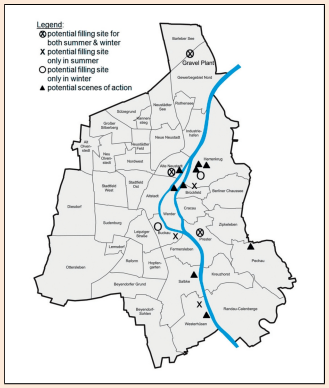
MATEMATIKA A OPERAČNÍ VÝZKUM TŘIKRÁT PRO SPOLEČNOST

Výzva a služba I.

OPTIMALIZACE ZÁCHRANNÝCH PRACÍ V PŘÍPADĚ PŘICHÁZEJÍCÍ POVODNĚ

Záchranné práce v případě přicházející povodně

Magdeburg při stoleté povodni v r. 2002.



Záchranné práce v případě přicházející povodně

Magdeburg při stoleté povodni v r. 2002.

Záchranné práce v případě přicházející povodně

Ochrana proti povodním

— *Strategická úroveň:* vyhledávání slabin současných protipovodňových opatření, zajištění protipovodňových hrází aj., preventivní protipovodňová opatření – obnova dřívějších záplavových planin a luk aj.

— *Taktická úroveň:* zajištění prostředků pro zásah (pump, člunů, záchranných vozidel), zajištění organizační struktury (stanovení odpovědnosti, velící struktury).

— *Operativní úroveň:* rozhodnutí týkající se přicházející povodně, evakuace osob aj.

Záchranné práce v případě přicházející povodně

Operativní práce v případě povodně —

— zahrnují mj. stavbu protipovodňových hrází z pytlů s pískem – kolem obydlených oblastí – kolem infrastruktury (silnice, železnice, energetická vedení).

Záchranné práce v případě přicházející povodně

Operativní práce v případě povodně

— Před městem Magdeburg je na řece Labi instalován protipovodňový výstražný systém.

— Systém je schopen varovat 3 až 5 dní před přicházející povodní.

— Příprava na plnění mnoha pytlů s pískem zabere celý den.

— Tudíž na naplnění pytlů s pískem, jejich rozvoz a stavbu hrází zbývají pouze 2 dny.

Operativní práce v případě povodně

— Potřebné množství pytlů závisí na očekávané hladině povodně (6,25 m; 6,80 m; 7,00 m).

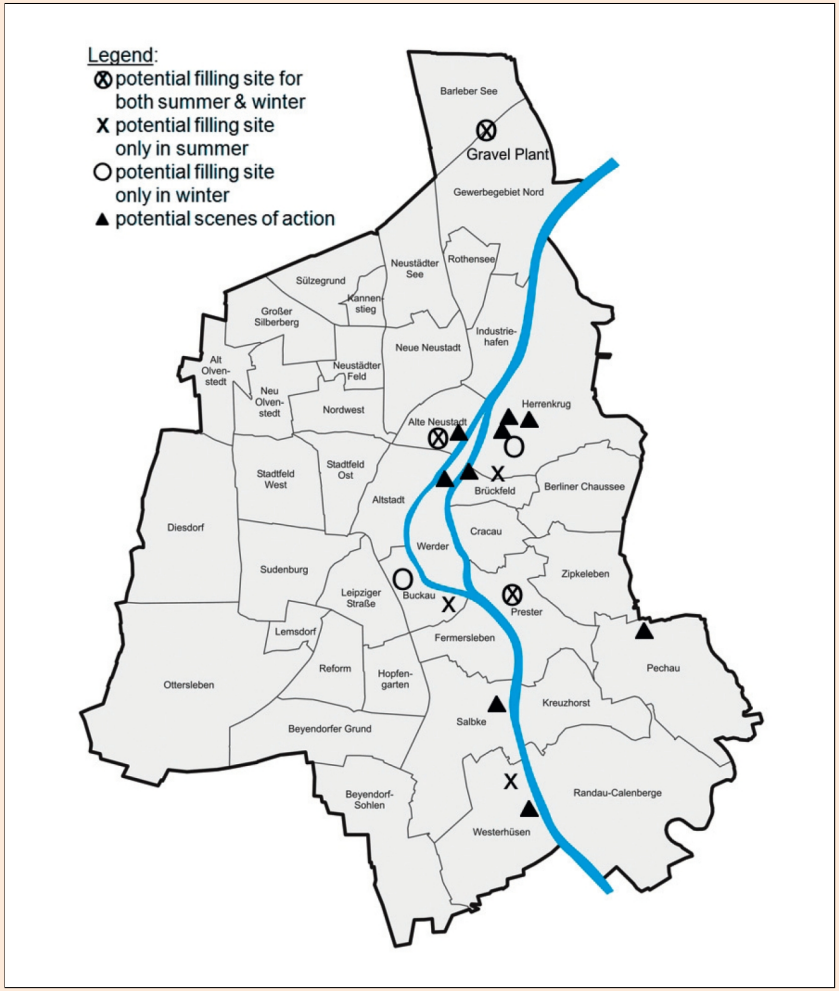
— Dva případy:
  - *Povodeň v létě:* pro plnění pytlů lze použít i 2 posypové vozy pro zimní údržbu silnic.
  - *Povodeň v zimě:* těžší podmínky, mráz, ...

Operativní práce v případě povodně

— Pytle lze plnit pouze na určitých místech:
  - v pískovně nedaleko města,
  - na vybraných místech ve městě (s dobrou dopravní obslužností, dostatkem místa na provedení práce, přístřeškem, sanitárním vybavením).

— Při povodni lze mít nejvýše 2 místa plnění. Více by nebylo možné zvládnout.

Záchranné práce v případě přicházející povodně



Laskavě poskytnul: J. Schönebaum

Záchranné práce v případě přicházející povodně

Operativní práce v případě povodně

— Cíle:
  - vše stihnout během 2 dnů,
  - minimalizovat cenu za plnění a rozvoz.

— Celkem se řeší 6 scénářů úlohy: výška povodně (6,25 m; 6,80 m; 7,00 m) $\times$ roční období (léto, zima).

Otázky:

— Kolik míst plnění se má vybrat (jedno, nebo dvě)?

— Které jedno konkrétní místo, resp. která dvě konkrétní místa se mají vybrat?

Operativní práce v případě povodně

Další otázky, jestliže vybereme dvě místa plnění:

— Jakou techniku umístíme na první místo a jakou techniku umístíme na druhé místo? — K dispozici máme: jeden stroj na plnění pytlů, dva posypové vozy v létě, neomezeně pracovníků s lopatou.

— Kolik pytlů naplníme na prvním místě a kolik pytlů naplníme na druhém místě?

— Jaký bude plán přepravy, tj., na která místa zásahu budeme vozit pytle z prvního místa a na která místa zásahu budeme vozit z druhého místa?

Operativní práce v případě povodně

Poslední otázky:

— Město Magdeburg může pro přepravu poskytnout vozidla s kapacitou mezi 30 až 300 pytli s pískem. Bude to stačit?

— Za poplatek lze od místních dopravních firem zapůjčit další nákladní automobily s kapacitou kolem 360 pytlů. Mají se nějaké půjčovat?

— Jaký bude plán přepravy, tj., jak dané automobily využít? — Cíl: minimalizovat náklady na přepravu.

Operativní práce v případě povodně

— Matematický model úlohy vychází ze standardního „single-stage capacitated Warehouse Location Problem“.

— Binární proměnné pro:
  – potenciální místa plnění,
  – techniku na daném místě plnění.

Operativní práce v případě povodně

— Další proměnné pro:
  - počet pracovníků na místě plnění,
  - počet přepravených pytlů (odkud–kam; bere se v úvahu kapacita použitého dopravního prostředku).

— Vzniklé úlohy jsou velké...

Výzva a služba II.

OPTIMALNÍ STRAVOVÁNÍ

neboli

ÚLOHA O DIETĚ

Úloha o dietě

Základní potraviny

Hotové pokrmy

Úloha o dietě

— Různé potraviny

- základní

  (**obiloviny** [rýže {setá, ...}, kukuřice, pšenice {...}, žito, ...], **luštěniny** [fazole {obecné, adzuki, mungo, ...}, čočka {červená, ...}, hrách, cizrna, sója, ...], **zelenina** [...], **ovoce**, **mléčné výrobky**, **maso** [hovězí, vepřové, ...], **ryby**, **drůbež**, **...**) –

- hotové

  (hovězí maso s rýží, pizza carbonara, ...)

obsahují živiny

(**esenciální aminokyseliny** [histidin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan, valin], **vitamíny** [vitamín A, vitamíny skupiny B, vitamín C, ...], **tuky** [nasycené, nenasycené, ...], **energii** [energii z nasycených tuků, energii z bílkovin, ...], **sacharidy**, **minerály**, **...**)

v různém poměru.

Úloha o dietě

— Potraviny je nutné zkombinovat tak, aby doporučené dávky živin byly dodrženy.

Úloha o dietě

— Potraviny je nutné zkombinovat tak, aby doporučené dávky živin byly dodrženy.

— Ovšem potraviny
  - se nakupují za určitou cenu,
  - zanechávají určitou uhlíkovou stopu (množství CO_2 vzniklého v důsledku vyprodukování resp. přípravy potraviny),
  - zanechávají určitou vodní stopu (množství vody spotřebované při produkci resp. přípravě potraviny).

Úloha o dietě

— Účelem je nalézt takovou kombinaci potravin, aby doporučené dávky živin byly dodrženy a aby celková cena (resp. uhlíková resp. vodní stopa) nalezené kombinace byla minimální.

Úloha o dietě

Matematický model: úloha lineární optimalizace

— Nechť a_{ij} označuje hmotností zastoupení živiny číslo $i = 1, 2, \ldots, m$ (histidin, ..., vitamín C, ...) v jedné jednotce, tj. v 1 kg, potraviny číslo $j = 1, 2, \ldots, n$ (rýže setá, fazol obecný, ..., citrón, ...).

— Nechť b_i je hmotnost minimální doporučené dávky živiny číslo $i = 1, 2, \ldots, m$ (histidin, ...).

— Cena (resp. uhlíková resp. vodní stopa) jedné jednotky, tj. 1 kg, potraviny číslo $j = 1, 2, \ldots, n$ budiž c_j peněz (resp. kilogramů CO_2, resp. litrů vody).

Úloha o dietě

Matematický model: úloha lineární optimalizace

— Když množství jednotlivých n potravin (rýže setá, fazol obecný, ...) v hledané kombinaci označíme jako x_1, x_2, ..., x_n, pak úlohou je

$$
\begin{aligned}
\text{minimalizovat} \quad & c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n \\
\text{za podmínek} \quad & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \geq b_1\,, \\
& a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \geq b_2\,, \\
& \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\
& a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \geq b_m\,, \\
& x_1, x_2, \ldots, x_n \geq 0\,.
\end{aligned}
$$

Poznámky

— Model úlohy o dietě jsme vyjádřili jako úlohu lineární optimalizace (odborně nazývané „lineární programování“). S úlohou lineárního programování jsme se už setkali – při optimalizaci výrobního programu – při přípravě travních směsí.

— Lineární programování (optimalizace) je nejjednodušší oblastí operačního výzkumu, přitom má široké využití. Příkladů užití lineárního programování v průmyslu, dopravě, ekonomii aj. je bezpočet.

Poznámky

— Výše uvedený model úlohy o dietě lze dále zdokonalovat a rozvíjet. Například:

- Některé „živiny“ (konzervanty, nasycené tuky, vitamín D aj.) mají maximální povolenou dávku. (V modelu jsme sledovali pouze minimální doporučená množství.)
- Model by měl postihnout také „chutnost“ (poživatelnost) výsledné kombinace jídel (potravin).

Výzva a služba III.

ZEMĚDĚLSTVÍ: JAKOU ODRŮDU ZASADIT/ZASÍT?

Předmluva

— Populace lidí na planetě Zemi se zvětšuje. (Ačkoliv demografický vývoj v Evropě je jiný.)

— Plocha kvalitní zemědělské půdy klesá.

— Vzrůstá tedy tlak na efektivní využití zemědělské půdy i vody.

Zemědělství: Co zasít?

Předmluva

— Populace lidí na planetě Zemi se zvětšuje. (Ačkoliv demografický vývoj v Evropě je jiný.)

— Plocha kvalitní zemědělské půdy klesá.

— Vzrůstá tedy tlak na efektivní využití zemědělské půdy i vody.

— Co se třetího bodu (efektivního využívání zdrojů) týče, operační výzkum může pomoci.

Zemědělství: Co zasít?

Úvod k otázce

— Zemědělec uvažuje o zasetí nebo zasazení určité plodiny (pšenice, brambory, kukuřice, ...).

— Daná plodina existuje ve stovkách odrůd. Odrůdy se liší svými vlastnostmi: Některé odrůdy dobře snášejí sucho. Jiným odrůdám se dobře daří na půdách určitého složení. Jiným odrůdám se dobře daří v chladném počasí nebo i ve vyšších nadmořských výškách. Atd.

Zemědělství: Co zasít?

Úvod k otázce

— Zemědělec uvažuje o zasetí nebo zasazení určité plodiny (pšenice, brambory, kukuřice, ...).

— Daná plodina existuje ve stovkách odrůd. Odrůdy se liší svými vlastnostmi: Některé odrůdy dobře snášejí sucho. Jiným odrůdám se dobře daří na půdách určitého složení. Jiným odrůdám se dobře daří v chladném počasí nebo i ve vyšších nadmořských výškách. Atd.

— *Poznámka.* Odrůdy mohou mít i odlišné výživové vlastnosti. To zde neuvažujeme. Bude nás zajímat pouze výsledný výnos plodiny.

Úvod k otázce

— Agronomové provedli tisíce experimentů. V průběhu let každou odrůdu opakovaně pěstovali na různých pokusných políčkách – u nichž známe např. typ půdy (obsah jílu / siltu, „blátivé složky“ / písku, hodnotu pH aj.) a nadmořskou výšku – se závlahou i bez. K dispozici jsou také meteorologické záznamy (množství slunečního svitu, srážek, sněhové pokrývky, tlak vzduchu, minimální a maximální teplota daného dne atd.) z daných let – souhrnně i den po dni. Agronomové pokaždé zaznamenali výnos dané odrůdy za daných podmínek.

Zemědělství: Co zasít?

Úvod k otázce

— Zemědělec zná svoji farmu. Ví, jaký typ půdy a v jaké nadmořské výšce má na svých polích. Za posledních několik let má také meteorologické záznamy o počasí na svých polích.

— Ze záznamů můžeme vysledovat určité tendence. V úvahu můžeme vzít také významné (periodické) globální jevy: Jižní oscilaci (jev El Niño / La Niña), Severoatlantickou oscilaci aj.; významné vesmírné jevy: periodu sluneční aktivity aj.

Zemědělství: Co zasít?

Shrnutí

— Můžeme mít představu o různých scénářích počasí (s určitou pravděpodobností) v dalším roce.

— Vlastnosti půdy na polích farmy a jejich nadmořská výška jsou dány.

— K dispozici jsou až stovky odrůd dané plodiny; vlastnosti odrůd známe na základě zkušeností a provedených experimentů.

Zemědělství: Co zasít?

Otázka

Jakou odrůdu (resp. jakou kombinaci odrůd) má zemědělec zvolit, aby maximalizoval výnos?

Zemědělství: Co zasít?

Otázka

Jakou odrůdu (resp. jakou kombinaci odrůd) má zemědělec zvolit, aby maximalizoval výnos?

Odpověď

— Nová úloha – najít vhodný model úlohy je výzvou.

— Lze řešit např. jako úlohu „optimalizace portfolia“ (úloha stochastické optimalizace) z finanční matematiky.

Reference 1

Úvod – Operační výzkum – disciplína používání pokročilých analytických metod pomáhající při činění lepších rozhodnutí:

— *Promoting Operations Research: Defining O.R. clearly*
`www.orchampions.co.uk/explain/define_or.htm` [citováno: březen 2015]

The OR Society (Spojené království):

— The OR Society
`www.theorsociety.com`

— Learn about O.R.
`www.learnaboutor.co.uk`

— The Science of Better
`www.scienceofbetter.co.uk`

— YouTube: The Science of Better
`www.youtube.com/channel/UCYimnO6FeZbXY-nZHKnoANg`

— YouTube: Learn about O.R.
`www.youtube.com/channel/UCS2VzJB3RCb_V5fBIlHO17A`

— YouTube: The OR Society
`www.youtube.com/channel/UCufEvR_wY3Cby-rxrgz_yHw`

Reference 2

Satelitní navigace:

- O.R. in everyday life: O.R. Inside Satnav
  `www.learnaboutor.co.uk/do_for_you/doforyou_satnav.htm` [citováno: leden 2016]
- obrázek
  `www.learnaboutor.co.uk/do_for_you/images/satnav.jpg` [citováno: leden 2016]
- obrázek použit s laskavým svolením The OR Society

Svoz mléka:

- O.R. in everyday life: O.R. Inside Your Pint of Milk
  `www.learnaboutor.co.uk/do_for_you/doforyou_milk.htm` [citováno: leden 2016]
- obrázek
  `www.learnaboutor.co.uk/do_for_you/images/milk.jpg` [citováno: leden 2016]
- obrázek použit s laskavým svolením The OR Society

Výroba travních směsí – obrázek:

- vlastní foto

Reference 3

Svoz odpadu – obrázek (na základě licence
Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *):

— obrázek (684×600)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C5%A0tichova,_popel%C3%A1%C5%99sk%C3%A9_auto,_popel%C3%A1%C5%99i_na_stupa%C4%8Dk%C3%A1ch.jpg
autor obrázku: ŠJů [citováno: leden 2016]

Rozvoz zboží – obrázek (na základě licence
GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts ** — relicensed to
Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported *):

— obrázek (800×600)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mercedes_vito_1_v_sst.jpg
— autor obrázku: Sven Storbeck [citováno: leden 2016]

* https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en
** http://www.gnu.org/licenses/fdl-1.2.html

Reference 4

Výroba desek s tištěnými spoji – obrázek (na základě licence Open Government Licence v1.0 *):

— obrázek (800×533)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Computer_Circuit_Board_MOD_45153620.jpg

— autor obrázku: Harland Quarrington [citováno: leden 2016]

Optimalizace záchranných prací v případě přicházející povodně:

— zpracováno podle článku
A. Schädlich, S. Koch, G. Wäscher:
Operations Research in Flood Protection Management,
časopis *OR News*, č. 36, červen 2009, str. 20–24. ISSN 1437-2045.

— on-line verze článku
www.mansci.ovgu.de/mansci_media/publikationen/2009/ornews.pdf [citováno: leden 2016]

— obrázky použity s laskavým svolením nakladatele a autorů

— mapu laskavě poskytnul: J. Schönebaum

* https://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/version/1/

Reference 5

Úloha o dietě – obrázek rýže (hnědé, červené, thajské bílé, černé divoké) (na základě licence Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported *):

— obrázek (800×600)
`https://commons.wikimedia.org/wiki/File:White,_Brown,_Red_%26_Wild_rice.jpg`

— autor obrázku: Earth100 [citováno: leden 2016]

Úloha o dietě – obrázek fazolu obecného (na základě licence GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts ** — relicensed to Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported *):

— obrázek (800×600)
`https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ab_food_20.jpg`

— autor obrázku: Andrew Butko [citováno: leden 2016]

* `https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en`

** `http://www.gnu.org/licenses/fdl-1.3.html`

Reference 6

Úloha o dietě – obrázek salátu (Chef salad) (na základě licence
Creative Commons Attribution 2.0 Generic *):

— obrázek (401×300)
`https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chef_salad.jpg`

— autor obrázku: Jennifer [citováno: leden 2016]

Pěstování plodin: jakou odrůdu zasít?

— zpracováno podle výzvy
Syngenta Crop Challenge
`www.ideaconnection.com/syngenta-crop-challenge/` [citováno: leden 2016]
`www.ideaconnection.com/syngenta-crop-challenge/challenge.php` [citováno: leden 2016]

— informace o výzvě
EURO Newletter # 32: November 17, 2015
`www.euro-online.org/media_site/newsletters/`
`EURO_Newsletter_32_November_17_2015.pdf` [citováno: leden 2016]

* `https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.en`