

Terminologia

kompleksowych badań i modelowania ruchu

Andrzej Krych

Potrzeba unifikacji terminologii wynika z generalnego braku współczesnych opracowań monograficznych w zakresie interesującej nas praktyki. Niewątpliwa zaletą monografii jest proces unifikacja słownictwa. Nawet wtedy, gdy wiele pojęć nie jest w niej definiowanych w sposób bezpośredni znaczenie dla unifikacji słownictwa ma jego kontekst. Monografia sama w sobie krystalizuje sferę pojęciową środowiska zawodowego i jego słownictwo terminologiczne. Rozważane w [1] starsze pozycje o charakterze monograficznym mają kontekst niezwykle ograniczony do praktyki planowania układów transportowych przed końcem lata osiemdziesiątych. W niewielkim stopniu funkcje tę wypełnia jedyne współczesne opracowanie [2]. Na znaczne rozszerzenie badań i pól zastosowań modelowania potoków transportowych nakłada się działalność podmiotów zagranicznych, tłumaczenia obcojęzycznych publikacji i instrukcji, zdezintegrowanie środowiska badań i zastosowań, praktyka zamówień publicznych. To właśnie w wyniku kilku ostatnich ogólnokrajowych konferencji problemowych (Gdańsk, Kraków, Poznań) podjęto inicjatywę zaproponowania słownika terminologicznego kompleksowych badań i modelowania ruchu.

Zaproponowany na konferencji krakowskiej słownik [1] wywołał w dyskusji kilka nowych propozycji oraz nurty polemiczne, istotne z punktu widzenia consensusu środowiska zawodowego. W szczególności dotyczy to uwag, propozycji oraz wątpliwości zgłaszanych przez profesorów Andrzej Rudnickiego i Tadeusza Zipsera, doktorów Kazimierza Jamroza, Sławomira Monkiewicza, Wacława Jastrzębskiego i Andrzeja Sude, a także uwag innych uczestników Konferencji, wyrażonych w dyskusjach kuluarowych. W niniejszym artykule zarysowano kilka dylematów, mających charakter zasadniczy dla kontynuacji dyskusji.

Dylemat 1: Modelowanie podróży a modelowanie potoków transportowych

Podstawą wyjściową dla całej grupy zagadnień musi być sformułowanie ilościowej miary ruchu. Mówiąc potocznie „mały ruch”, „duży ruch” szukać musimy inżynierskiego zdefiniowania problemu kwantyfikacji ruchu. Zachodzą pytania dodatkowe – miary ruchu czego: osób, pojazdów, towarów? Zarazem potoczne „mierzenie ruchu” może się kojarzyć z ruchem jako zjawiskiem – jego dynamiką: natężeniem, gęstością, prędkością. Kwantyfikowany ruch może też mieć różne odniesienia – ruch na ulicy, ruch w mieście, ruch na mostach. Naturalne w tym przypadku musi być wprowadzenie formuł dostatecznie uogólnionych i jednoznacznych. Taką podstawową propozycją jest natężenie ruchu, a dokładniej **natężenie potoku transportowego**, który to potok definiuje się jako przejazd pojazdów, przejazd albo podróż osób lub przewóz towarów. Potok odnoszony jest do **wektora transportowego**. Potrzeba odniesienia do wektora transportowego wynika z potrzeby przypisania

wartości (ilości, liczebności) do określonego adresu. Zarówno natężenie ruchu, jak i potok transportowy przypisać można takim kategoriom, jak produkcja ruchu, ruch między rejonami transportowymi, ruch między wydzielonymi grupami rejonów transportowych (np. między prawo- i lewobrzeżną częścią miasta), odcinkom sieci, także spektrum odcinka sieci itp. Ta sytuacja prowadzi bezpośrednio do zaproponowanych związków definicyjnych: **wektora transportowego, potoku transportowego i natężenia ruchu**. Za istotną korektę wobec wstępnej wersji słownika uznać należy, że opis wektora (adres) może też mieć charakter opisu macierzowego (np. spektrum odcinka sieci daje się definiować tylko poprzez zapis macierzowy).

Jeżeli uznać powyższe ujęcie za wartość akceptacji to pojęcia **modelowania podróży** stanowi niepełny zakres **modelowania potoków transportowych** z pominięciem lub częściowym uwzględnieniem ruchu pojazdów ciężarowych (ale bez modelowania potoków ładunków). Modelowanie podróży stanowi na tyle dominujący nurt w praktyce modelowania potoków transportowych, że winno znaleźć uzupełnienie w zestawie pojęć dyrektywnych. Ze względu na nabrzmiewające problemy z drogowym ruchem ciężarowym i koniecznością rozwoju logistyki transportu warto jednak zachować uogólnioną formułę potoku transportowego i dla równowagi z „modelowaniem podróży” wypracować status definicyjny w formie „modelowania przewozów” lub „modelowania potoków ładunków”.

Zachodzi także potrzeba zdecydowanego rozróżnienia pojęć podróży i przejazdu. Podróż z wykorzystaniem transportu publicznego obejmować może kilka przejazdów oraz dojść pieszych, a jeden z przejaz-

dów w podróży odbywać się może z wykorzystaniem pojazdu indywidualnego (Park lub Kiss and Ride). Potoki przejazdów osób w podróży są więc uszczegółowieniem ogólnego pojęcia potoku podróży, tak jak potok podróży jest uszczegółowieniem potoku transportowego.

Dylemat 2: Modelowanie potoków transportowych a modelowanie strumieni ruchu

W podstawowym na rynku krajowym ujęciu monograficznym (Inżynieria Ruchu Drogowego [2]) słownictwo generalnie ogranicza się do zaproponowanego w słowniku pojęcia potoku ruchu przypisanego pojazdom (dokładnie: potok ruchu samochodowego). W tym znaczeniu potok ten jest z jednej strony podmiotem modelowania procesu ruchu w pojedynczych obiektach sieci i wielu zagadnień związanych z przepustowością, sterowaniem ruchem i geometrią skrzyżowań oraz tras. Z drugiej strony, ten sam potok jest produktem zachowań transportowych i podmiotem modelowania potoków transportowych, w tym także efektem rozkładu przestrzennego (więźby) i podziału na środki transportu. W dyskusji próbowano odwołać się do terminologii angielskiej.

W ujęciu frazeologicznym w języku angielskim [3] potok występuje zarówno poprzez określenie:

flow w kontekście zarówno potoku lub przepływu (congested flow) jak natężenia ruchu (traffic flow), ale natężenie ruchu także określane jest jako „volume of traffic” wówczas, gdy podkreśla się, że chodzi o jego miarę, stream jako potok ruchu, pojazdów, ładunków, pasażerów transportu publicznego.

Jeżeli odnieść się do sfery języka angielskiego – „Theory of traffic flow” raczej bywa tłumaczone w Polsce jako „teoria strumieni pojazdów”, co zresztą znajduje potwierdzenie w słownictwie użytym w cytowanej monografii [2] (S. Gaca - rozdz. 4 „Modelowanie ruchu drogowego”). Podstawowe równanie zależności prędkości, gęstości i intensywności (M. Tracz w rozdz. 3 dokładnie tak samo definiuje natężenie ruchu) określone jest wyraźnie w rozdziale 4 jako „równanie stanu strumienia pojazdów”. W całym rozdziale 4 jednoznacznie i konsekwentnie używa się pojęcia „strumieni ruchu” – także w kontekście modelowania strumieni ruchu. Nawet niewielki akapit poświęcony funkcji oprogramowania VISUM mówi o modelowaniu „rozkładu strumieni ruchu”.

W odniesieniu do definiowanych w propozycji słownika pojęć odnoszących się do modelowania potoków transportowych (w tym do modelowania podróży) proponuje się więc zastosować fundamentalne rozróżnienie zainteresowań Inżynierii Ruchu Drogowego „potokiem ruchu pojazdów samochodowych” od zainteresowań teorii modelowania potoków transportowych, która jest podmiotowo związana z szerszym polem zastosowań inżynierii ruchu od monograficznego jej ujęcia w treści i tytule monografii [2]. Kwestia ta jest zresztą osobnym dylematem (sygnowanym dalej jako dylemat trzeci).

Propozycja rozróżnienia pojęcia **potoku transportowego** i **strumienia ruchu** w obrębie, podkreślam: **słownictwa kompleksowych badań i modelowania ruchu**, jest więc fundamentalna w celu zachowania spójności pojęciowej i niezbędnej precyzji jako nadrzędnej zasady samego słownika. Odpowiada ona zarazem dwu zasadniczo odmiennym polom badań i kształtowania teorii w inżynierii ruchu:

- teorii modelowania potoków i optymalizacji układów transportowych,
- teorii strumieni ruchu osób, pojazdów i przepustowości.

Nie wyczerpuje to oczywiście pełnego zakresu zainteresowań inżynierii ruchu, wskazując jednak na dwa powyższe, mamy na myśli deficyt teorii na ich styku lub brak jednej, ogólnej teorii potoków i strumieni ruchu.

Dylemat 3: Inżynieria ruchu a modelowanie ruchu

Zarysowany wyżej problem potoku transportowego a strumienia ruchu, każe zwrócić uwagę na kwestie definicji samej inżynierii ruchu. Jest kwestią zasadniczą odpowiedzieć na pytanie, czy modelowanie ruchu (tj. podróży) jest jej dziedziną. We wstępie do [2] czytamy: Polska definicja inżynierii ruchu, sformułowana już na wspomnianej konferencji w Spale, a następnie zaktualizowana

na konferencji Komitetu Transportu PAN i SITK we Wrocławiu (wrzesień 1987) brzmiała: „Inżynieria ruchu drogowego jest dziedziną inżynierii zajmującą się badaniami procesów ruchu drogowego i praktycznym zastosowaniem wiedzy o ruchu w planowaniu, projektowaniu, realizacji i eksploatacji systemów transportu oraz urządzeń komunikacyjnych, a zwłaszcza organizacją i sterowaniem ruchem. Podstawowym celem inżynierii ruchu drogowego jest zapewnienie bezpiecznego, sprawnego i ekonomicznego przemieszczania osób i towarów przy ograniczeniu ujemnego wpływu transportu na środowisko”.

Pełen kontekst powyższego cytatu każe zwrócić uwagę, na kilka problemów związanych z tą definicją i jej kontekstem:

1. Czy stwierdzenie, że polską definicją inżynierii ruchu jest „definicja inżynierii ruchu drogowego” oznacza tożsamość obu pojęć? Czy inżynieria ruchu drogowego jest tożsama z inżynierią ruchu w ogóle, czy dziedziną z niej wyodrębnioną? Pojęcie ruchu drogowego z pewnością nie obejmuje ruchu lotniczego i żeglugi a jest też wątpliwe, czy także cały ruch lądowy (kolej, transport publiczny) utożsamiać można z ruchem drogowym.
2. Czy organizacja i sterowanie ruchem są rzeczywiście szczególnym podmiotem inżynierii ruchu drogowego, a w każdym razie na tyle szczególnym, że wymaga to podkreślenia w definicji? Jakie jest miejsce organizacji ruchu w transporcie publicznym, w którym ruch drogowy odgrywa wprawdzie ważną, ale nie jedyną rolę?
3. Czy kontekst systemowy – szczególnie wyrażony w ostatnim zdaniu, ale także we wcześniejszym odniesieniu do „systemów transportowych i urządzeń komunikacyjnych” – nie pozostaje w sprzeczności z zakreślonym w pozostałych elementach definicji, zawężonym do ruchu drogowego polem inżynierii ruchu? Przecież to inżynieria ruchu „tworzy” system transportowy przez uporządkowanie funkcjonalne sieci i pojedynczych inżynieryjnych obiektów transportowych (w tym pojazdów) nadając im kształt i związki działające w sposób normatywny – sprecyzowany w ostatnim zdaniu definicji. Inżynieria ruchu jest tym dla transportu, czym architektura dla budownictwa, jako wiedzy o materiałach, konstrukcjach i technologiach.

Dla właściwego budowania sfery pojęciowej słownictwa, w tym słownictwa kompleksowych badań i modelowania ruchu, istotne znaczenie ma kwestia definicji inżynierii ruchu. W samej propozycji słownika zawarto propozycję stosunkowo prostego odróżnienia potoku transportowego od strumienia ruchu pojazdów. Jednak w szerszym jego kontekście definicję powyższą należało by „przetłumaczyć”, a raczej uogólnić następująco:

„Inżynieria ruchu jest dziedziną inżynierii zajmującą się badaniami procesów ruchu i praktycznym zastosowaniem wiedzy o ruchu w planowaniu, projektowaniu, realizacji i eksploatacji obiektów transportowych, a zwłaszcza organizacją i zarządzaniem ruchem lądowym, wodnym i powietrznym. Podstawowym celem inżynierii ruchu jest zapewnienie w sposób systemowy bezpiecznego, sprawnego i ekonomicznego przemieszczania osób i ładunków przy ograniczeniu ujemnego wpływu transportu na zasoby środowiska przyrodniczego i kulturowego”.

Nie jest to propozycja nowej definicji inżynierii ruchu, lecz propozycja rozumienia tej dyscypliny jako kontekstu niezbędnego dla pojęciowej struktury słownika terminologicznego.

Dylemat 4: Kongestia i zatłoczenie

Konieczne jest rozróżnienie pojęcie zatłoczenia, jako ponadnormatywnego wzrostu gęstości strumienia ruchu od zjawiska wzrostu kosztów ruchu na skutek wzrostu gęstości strumienia ruchu. Dla badania i ocen kosztów ruchu istotne znaczenie ma to drugie zjawisko, przejawiające się rosnącą zależnością kosztów ruchu od natężenia potoku w stanach ruchu swobodnego i odmienna progresją w stanach ruchu wymuszonego. Tak też powinna być definiowane zjawisko kongestii transportowej – w ruchu samochodowym, ale występujące także w ruchu lotniczym, w portach morskich czy w transporcie publicznym – to jest tam, gdzie wzrost popytu wpływa na wydłużenie czasu przejazdu poprzez wydłużenie czasu obsługi przystanków. Dla celów zarządzania ruchem istotne są kryteria określające normatywne natężenia, prędkości czy gęstości strumienia ruchu. Wartości normatywne wynikać mogą ze względów środowiskowych, założonych priorytetów dla poszczególnych uczestników ruchu lub dla ochrony obiektów krytycznych przed nadmiernym zatłoczeniem (tak zwane bramkowanie w obszarowym sterowaniu ruchem). Zróżnicowanie obu pojęć proponuje się zatem w ten sposób, by zawartą w projekcie słownika [1] definicję „zatłoczenia” zastąpić kongestią, natomiast zatłoczenie definiować jako stan ponadnormatywnej kongestii. Kongestia jest zjawiskiem, zatłoczenie ma charakter normujący. W istocie stan kongestii zbliżony, acz nie przewyższający normatywnego zatłoczenia jest stanem pozytywnym z punktu widzenia efektywności

Dylemat 5: Macierz a więzba ruchu

Jedną z wartych rozważenia, zgłoszonych w dyskusji propozycji jest postulat zastąpienia sformułowania „rozkład przestrzenny

ruchu” pojęciem „więźby ruchu” (lub więźby podróży). W propozycji [1] – więźba ujmowana jest jako graficzny obraz macierzy. Rozważyć należy zatem propozycję odmienną – macierz jest matematycznym zapisem więźby w sensie szerszym, którą także przedstawić można w formie graficznej. Dylemat w tym problemie przedstawia się dlatego, że propozycja ta istotnie zmienia określenia stosowane potocznie, a także stosowane w opracowaniach monograficznych cytowanych w [1].

Dylemat 6: Model grawitacyjny a model nadarżających się okazji

W klasycznych ujęciach, w licznych opracowaniach monograficznych rozróżnia się praktycznie do dzisiaj co najmniej trzy modele rozkładu przestrzennego ruchu („więźby ruchu” por. 5): grawitacyjny, nadarżającej się okazji (probabilistyczny) i Frataro (ekstrapolacyjny). Historycznie ujmując problem wewnętrznej struktury macierzy rozkładu przestrzennego rozwijano w dwóch nurtach badań matematycznych – klasycznego zadania transportowego (to jest wyznaczenie macierzy o najmniejszych kosztach transportu i zadanych potencjałach brzegowych – jako zadania normatywnego) i optymalnego zadania grawitacyjnego (funkcji celu dla macierzy odwzorowującej rzeczywisty rozkład w zadanych potencjałach brzegowych – jako zadania opisowego). W 1944 r. L. V. Kantorovich podał rozwiązanie zadania normatywnego, a w 1969 r. A. G. Wilson opublikował rozwiązanie zadania normatywnego. W 1977 roku S. Erlander wykazał, że podejście grawitacyjne, probabilistyczne i ekstrapolacyjne w sposób odmienny sprowadzają się do jednej struktury matematycznej zadania grawitacyjnego rozwiązane przez A.G. Wilsona. Tamże zwrócono uwagę, że klasyczne i opisowe zadanie transportowe są tożsame z punktu widzenia struktury modelu grawitacyjnego, choć odmienne z punktu widzenia funkcji celu. Szczególną monografią i wartościową syntezą tej problematyki jest praca [4]. Warto dodać, że kilkanaście lat przed Wilsonem, w Polsce Z. Lilpop (1956) opublikował stosowaną jeszcze w latach osiemdziesiątych metodę dokładnie, aczkolwiek w sposób uproszczony, odwzorowującą zasadę entropii A.G. Wilsona wykorzystaną dla sformułowania optymalnego zadania grawitacyjnego. Tak więc i „model Lilpopa” jest w istocie „metodą Lilpopa” dla rozwiązania tego zadania.

Konsekwentnie zaproponowano w słowniku terminologicznym rozróżnienie modelu rzeczywistości (jako rozwiązania grawitacyjnego zadania transportowego) od metody jego rozwiązania (grawitacyjna, poprzez estymację funkcji oporu przestrzeni, probabilistyczna – poprzez współczynnik prawdopo-

dobieństwa i iteracyjna – poprzez iteracyjne bilansowanie ekstrapolowanych potencjałów brzegowych).

W propozycji słownika zawarta jest zatem struktura określająca definicję „rozkładu przestrzennego ruchu”. Zapis tego rozkładu definiują następnie pojęcia matematycznej formy „macierzy O – D” lub jej formy graficznej – „więźby ruchu” (wg 5 – byłby to matematyczny lub graficzny zapis więźby ruchu). Odpowiednio do tej struktury wyjściowej „model rozkładu przestrzennego” (wg 5 – model więźby ruchu) definiowany jest jako optymalne „rozwiązanie grawitacyjnego zadania transportowego”. To rozwiązanie odniesione jest do trzech cytowanych wyżej metod rozwiązania z dodanymi dwoma objaśnieniami uzupełniającymi („transportowy model grawitacyjny” i „wewnętrzna struktura macierzy” – jako podmiot rozwiązania zadania grawitacyjnego).

Generalnie zatem dylemat relacji pomiędzy modelem grawitacyjnym a modelem nadarżających się okazji, rozwinięto w propozycji słownika jako dylemat pomiędzy metodami, co do których oczywiście dyskutowana może być kwestia metodycznej poprawności, jak i atutów oraz wad każdej z nich, jednak z zachowaniem w strukturze pojęciowej poprawności wynikającej z kryteriów nadrzędności niekwestionowanej teorii matematycznej [4]. Nie przestaje to jednak być dylematem wobec ugruntowanej na chwilę obecną, dość powszechnej struktury pojęciowej tego zagadnienia.

Dylemat 7: Praca transportowa a zadanie transportowe dualne

Zachowanie spójności ujęcia systemowego, problemu modelowania i oceny kosztów (pracy transportowej), wymaga fundamentalnego zdefiniowania „problemu transportowego”. Jak dotąd, nie dostrzeżono potrzeby, zatem nie sformułowano definicji dla pojęcia problemu transportowego. Sformułowanie problemu transportowego – jako wyodrębnionego problemu rzeczywistego stanowi uzasadnienie dla ujęcia systemowego transportu, na które składają się dwie struktury – popytu i podaży. Modelowanie tego systemu wiąże się z pewną wyodrębnioną klasą problemów transportowych określonych w propozycji [1] jako zadanie transportowe. Modelowanie systemu sprowadza się do budowy modelu popytu, modelu podaży oraz modeli interakcji. Zasadniczym celem modelowania jest rozwiązanie zadania transportowego w oparciu o koszty transportu (przy założeniu, że wszystkie kryteria sprowadzają się do różnej formy kosztów). Oszacowanie kosztów transportu jest bezpośrednim następstwem określenia pracy transportowej. W zależności od zadania transportowego budowana jest odpowiednio struktura

ra kosztów. Praca transportowa i jej struktura są zatem fundamentami konstrukcji modelowania w kontekście postawionego zadania transportowego. Jeżeli struktura kosztów (zatem i pracy transportowej) ma takie znaczenie, to pewna szczególna struktura ma znaczenie fundamentalne, mające wpływ na strukturę modeli. Jest to opozycja wartości i kosztu czasu w stosunku do wartości i kosztów pozostałych, które zdefiniowano jako koszty energii. Takie zadanie transportowe określono jako zadanie dualne.

Warto podkreślić, że w teorii wiele zadań transportowych nie zawiera rozwiązań, ani modeli wystarczających dla rozwiązywania zadań dualnych (np. wspomniane wyżej zadania transportowe klasyczne i optymalne rozwiązanie grawitacyjne, ale także historyczna teoria ośrodków centralnych Christallera). Dotyczy to także praktyki modelowania, gdzie potrzeba rozwiązań w formie dualnej formowana jest albo w sposób bezpośredni (np. w formule Bensha wyboru trasy lub w modelu logitowym wyboru środka transportu) lub w formie substytucyjnej – poprzez macierze motywacyjne z ułomną (w znaczeniu dualnym), funkcją oporu przestrzeni wyrażoną tylko kosztem czasu lub tylko kosztem drogi. Substytucją jest ograniczenie rozwiązania grawitacyjnego oparte go na ułomnej funkcji kosztu, lecz odrębnej w każdej klasie motywacji, to znaczy ograniczenia jej stosowalności do jednego, specyficznego segmentu rynku rozumianego na sposób christallerowski.

W praktyce każde zadanie transportowe związane z budową trasy lub wprowadzeniem nowego środka transportu ma charakter dualny – oczekujemy bowiem odpowiedzi, na ile rozwiązanie droższe (nowy, gęstszy układ sieci lub nowy środek transportu) będą odpowiednio szybsze, by skompensować nakład. Równie dobrze postawić można pytanie, na ile rozwiązanie wolniejsze będzie tańsze, aby aktywizować w sposób korzystny pewne segmenty popytu.

Dylemat zadania dualnego ma znaczenie głębsze. Po pierwsze – lepiej jest, jak substytucyjnie (w istocie uproszczone) elementy modelowania, wynikające z ograniczeń teorii modelowania potoków ruchu są stosowane w zadaniach dualnych w sposób świadomy. Po drugie – świadomość tego uproszczenia jest istotna dla rozwoju samej teorii. Po trzecie – jeżeli każdy model jest w jakimś stopniu uproszczonym modelem rzeczywistości – warto w niej wyodrębnić te jej aspekty, które można rozwiązywać na sposób dualny, od innych problemów, które takiego postawienia problemu nie wymagają.

Podsumowanie

Propozycja słownika, poza materiałem cytowanym jako [1], umieszczona została w

witrynie internetowej (<http://www.slownik-k-br.pl>).

Propozycje i uwagi kierować można na adres mailowy autora. W trakcie redakcji niniejszego materiału uruchamiana jest domena interaktywna, której adres podany zostanie w kontakcie z autorem.

Zamknięcie dyskusji planowane jest na VIII Konferencji z cyklu „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego” w czerwcu 2011 r. w Poznaniu. Odpowiednio wcześniej, wiosną przyszłego roku, planowane jest spotkanie zespołu złożonego z głównych uczestników dyskusji. Oczekiwane są zarówno akces do współ-

pracy w tym zespole, jak uwagi i propozycje, które pozwolą odpowiednio wcześniej nadać słownikowi formę redakcyjną.

Materiały źródłowe

- [1] Krych A., Kaczkowski M., Słownictwo kompleksowych badań i modelowania potoków ruchu. W: Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Zeszyty N-T SITK RP Oddz. w Krakowie, Materiały Konferencyjne Nr 94 (zeszyt 153), Kraków 2010, s. 159 – 170, 357-396
- [2] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i prakty-

ka. WKiŁ, Warszawa, 2008.

- [3] Słownik inżynierii ruchu angielsko – polski. Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego i Mostowego, Warszawa 2002.
- [4] Erlander S., Stewart N.F., The gravity model in transportation analysis. VSP BV, Utrecht, 1990.

Dr inż. Andrzej Krych
Instytut Inżynierii Lądowej,
Politechnika Poznańska

Wybrane hasła słownika Modelowanie potoków ruchu (MOD)

Macierz O-D – kwadratowa macierz matematyczna o wymiarach odpowiadających liczbie → *rejonów transportowych* w obszarze wydzielonej jednostki terytorialnej i poza nią, zawierająca wartości natężenia → *potoków ruchu* pomiędzy wszystkimi parami rejonów transportowych w takim układzie, w którym każdy wiersz i kolumna przyporządkowane są do określonego rejonu w jednakowym porządku, suma natężeń w wierszach odpowiadała potencjałowi → *produkcji ruchu* a suma natężeń w kolumnach potencjałowi atrakcji ruchu. Cechą szczególną macierzy O-D jest → *wewnętrzna struktura macierzy O-D* w której potencjał produkcji będący sumą potencjałów produkcji lub równoważnej sumie potencjałów atrakcji jest równa jeden – czyli zapis wartości potoków ruchu oparty jest na wartościach względnych w stosunku do łącznego potencjału produkcji ruchu.

Metody grawitacyjne – → *rozwiązanie grawitacyjnego zadania transportowego* metodami grawitacyjnymi sprowadza się do określenia parametrów → *grawitacyjnego modelu transportowego*: wyznaczania → *funkcji oporu przestrzeni*, przy estymacji kosztu zależnego od odległości, czasu lub ich wartości ekwiwalentnej – z zasady oddzielnie dla różnych kategorii motywacji podróży. Ze względu na odmienną wartość czasu w → *decyzjach transportowych* w różnych kategoriach → *motywacji podróży* w odpowiadających im → *macierzach O-D* oraz rynkową strukturę zagospodarowania przestrzennego (roz rozmieszczenie właściwych motywacji celów ruchu w rejonach) zbliża to rozwiązanie do optymalnego → *rozwiązania grawitacyjnego zadania transportowego*.

Metody iteracyjne – stosowane są dla aktualizacji lub prognozowania → *macierzy O-D* i polegają na iteracyjnym, naprzemiennym dla sum wierszy i kolumn wyrównaniu sumy potencjałów → *produkcji ruchu* i atrakcji wszystkich → *rejonów transportowych* po wprowadzeniu współczynników zmiany potencjałów odpowiadających zmianom zagospodarowania przestrzennego. Klasyczny algorytm iteracyjny związany jest z metodą Fratarę. Proces iteracji prowadzi do zmiany wewnętrznej struktury macierzy przy zachowaniu wyjściowej wartości średniego kosztu.

W metodzie tej zatem, w przeciwieństwie do → *metod grawitacyjnych*, tylko uwzględnienie kategorii → *motywacji podróży* w odpowiadających im → *macierzach O-D* zbliża rozwiązanie do optymalnego → *rozwiązania grawitacyjnego zadania transportowego*.

Metody probabilistyczne – oparte na rachunku prawdopodobieństwa – wykorzystują wartości względne → *wewnętrznej struktury macierzy O-D* jako wartości prawdopodobieństw. Klasyczny algorytm postępowania zawiera metoda nadarzających się okazji. Poprzez operator w formie stałej probabilistycznej oraz oparte na wartościach względnych potencjały → *produkcji ruchu* i atrakcji interpretowane jako prawdopodobieństwa, budowana jest wewnętrzna struktura macierzy. W algorytmie metody nadarzających się okazji postępowanie zakłada minimalizowany koszt decydenta, powodując, że potok (na wyjściu względny potencjał produkcji ruchu) maleje przekraczając kolejne „strefy kosztu” z prawdopodobieństwem „złapania okazji” proporcjonalnym do potencjału atrakcji strefy następnej. Tak więc rozmieszczenie względnych potencjałów atrakcji w → *rejonach transportowych* prowadzi do ustalenia struktury wewnętrznej macierzy O-D i lokalizacji wartości entropii do poziomu kompromisu pomiędzy rozkładem zminimalizowanym i zmaksymalizowanym. Uwzględnienie kategorii → *motywacji podróży* w odpowiadających im → *macierzach O-D* zbliża rozwiązanie do optymalnego → *rozwiązania grawitacyjnego zadania transportowego*. W metodach probabilistycznych występuje związek operatora probabilistycznego z miarą rozproszenia (entropii) dla → *wewnętrznej struktury macierzy O-D*.

Model rozkładu przestrzennego – optymalne → *rozwiązanie grawitacyjnego zadania transportowego* (por. → *transportowy model grawitacyjny*) prowadzące do wyznaczenia → *wewnętrznej struktury macierzy O-D* odpowiadające maksymalnemu rozproszeniu wartości → *potoków ruchu* między rejonami transportowymi w granicach → *średniego kosztu transportu* w następujących ograniczeniach:

- zadanych wartościami brzegowymi macierzy (to jest potencjałami produkcji i atrakcji rejonów transportowych),
- zadaną macierzą kosztów – obejmującą → *koszty transportu* dla każdego potoku między każdą parą rejonów transportowych,
- w zakresie wartości nieujemnych.

Rozkład przestrzenny ruchu – komponent → *popytowej struktury transportu* określony przez zbiór → *potoków ruchu* przypisanych do → *wektorów transportowych* pomiędzy wszystkimi parami → *rejonów transportowych*, zapisany w formie numerycznej → *macierzy O-D* lub jej graficznego obrazu – więźby ruchu.

Komponentem popytowej struktury transportu może być jedna macierz O-D lub zbiór macierzy O-D zależnie od ujęcia systemowego → *popytowej struktury transportu i podażowej struktury systemu*.

Rozwiązanie grawitacyjnego zadania transportowego – budowa → *macierzy O-D w procesie → modelowania potoków ruchu z wykorzystaniem → transportowego modelu grawitacyjnego*.

Stosowane w tym procesie są:

- → *metody grawitacyjne*,
- → *metody probabilistyczne* (konkurujących okazji, pośrednich możliwości),
- → *metody ekstrapolacyjne* (Fratara, Detroit).

Kryterium optymalnego → *rozwiązania grawitacyjnego zadania transportowego* wyznacza wybór metody o strukturze właściwej dla → *zadania transportowego*.

Transportowy model grawitacyjny – oparty na II zasadzie Newtona model matematyczny określający proporcjonalną zależność → *natężenia ruchu w → potoku ruchu między dwiema wydzielonymi jednostkami terytorialnymi* (np. dwoma → *rejonami*)

mi transportowymi) od ich potencjału → *produkcji ruchu* (w węzłach nadania → *sieci transportowej*) i atrakcji ruchu (w węzłach odbioru sieci transportowej) oraz odwrotnie proporcjonalną od → *kosztu transportu* wyrażonego → *funkcją oporu przestrzeni*.

Wewnętrzna struktura macierzy O-D – miarą struktury → *macierzy O-D* jest stopień rozproszenia (entropii), odpowiadający wartości fizycznego równania entropii zawartej w zakresie wartości od zera do jedności, gdzie:

- zera (rozkład zminimalizowany – minimum entropii) odpowiada wartość → *funkcji oporu przestrzeni* zdążająca do nieskończoności (niezerowe są jedynie wartości potoków po przekątnej macierzy O-D – to jest na wektorach zawartych w węzłach nadania i odbioru wewnątrz → *rejonu komunikacyjnego*, obejmujących cały jego potencjał produkcji ruchu),
- jedności (rozkład zmaksymalizowany – maksimum entropii) odpowiada wartość → *funkcji oporu przestrzeni* równa zero (wartości macierzy są wprost proporcjonalne do potencjałów produkcji i atrakcji).

Więcej haseł: <http://www.slownik-kbr.pl>

Klucz do słownika w kategoriach logicznych:
Ujęcie systemowe - US
Kompleksowe Badania Ruchu - KBR
Modelowanie potoków ruchu - MOD
Koszty transportu i miary ruchu - KO
Planowanie i zagospodarowanie przestrzenne - ZP

Zestaw słownika z odniesieniem do kategorii:

Badania ankietowe kierowców - KBR
Badania ankietowe pasażerów - KBR
Badania reprezentacyjne podróży - KBR
Centroidy - MOD
Czas obsługi - KO
Czynniki ruchotwórcze - US MOD ZP
Czynnik kosztowy - KO
Decyzje transportowe - US MOD KO
Dostęp do układu transportowego - US MOD
Eksploatacyjna praca transportowa - KO
Energetyczny wskaźnik kosztu - US KO
Funkcja oporu przestrzeni - MOD
Funkcja oporu drogi - MOD
Graf zorientowany - US MOD
Handlowa praca transportowa - KO
Inny transport zbiorowy - US
Kompleksowe badania ruchu (KBR) - KBR
Koszt transportu - KO
Koszt transportu w sieci - KO
Linia transportu zbiorowego - US
Macierz O-D - MOD
Metody grawitacyjne - MOD
Metody iteracyjne - MOD
Metody modelowania podziału ruchu na środki transportu - MOD
Metody probabilistyczne - MOD
Metody wyboru jednej lub wielu tras - MOD
Miary potoków ruchu - US MOD KO
Model interakcji transportowych - US MOD ZP

Modelowanie ograniczonej przepustowości - MOD
Modelowanie podziału ruchu na środki transportu - MOD
Modelowanie potoków ruchu - MOD
Modelowanie rozkładu ruchu w sieci transportowej - MOD
Model potoków ruchu - MOD
Model produkcji ruchu - MOD
Model rozkładu przestrzennego - MOD
Model sieci transportowej - MOD
Model układu transportowego - MOD
Motywacja podróży - US MOD
Natężenie ruchu - KBR MOD KO
Obszar KBR - KBR
Obszar zewnętrzny KBR - KBR
Odległość przepływu - KO
Plan układu transportowego - ZP
Planowanie układów transportowych - ZP
Podróż - US KBR MOD
Podział ruchu na środki transportu - MOD
Pojazdy ciężarowe - US KBR
Pomiar ekranowy - KBR
Pomiar kordonowy - KBR
Popyt transportowy - US MOD
Potok ruchu - US KBR MOD
Praca transportowa - KO
Praca transportowa w sieci - KO
Praca transportowa w obszarze - KO
Prędkość eksploatacyjna pojazdów - KO
Prędkość komunikacyjna pojazdów - KO
Produkcja ruchu - MOD
Prognozowanie ruchu - MR ZP
Projekt układu transportowego - ZP
Publiczny transport zbiorowy - US
Przejazd osób - US KBR MOD
Przejazd pojazdów - US KBR MOD
Przewozowa praca transportowa - KO
Przewóz ładunków - US KBR MOD
Rejony transportowe - MOD ZP

Rozkład jazdy transportu zbiorowego - US
Rozkład przestrzenny ruchu - MOD
Rozkład ruchu w sieci transportowej - MOD
Rozwiązanie grawitacyjnego zadania transportowego - MOD
Ruch absorbowany - US
Ruch generowany - US
Ruch wewnętrzny - US
Ruch zewnętrzny - US KBR MOD
Ruch zewnętrzny docelowy - US
Ruch zewnętrzny źródłowy - US
Ruch tranzytowy - US KBR MOD
Sieć transportowa - US MOD ZP
Sieć tras rowerowych - US ZP
Składnik kosztowy transportu - KO
Struktura podażowa transportu - US
Struktura popytowa transportu - US
Struktura zagospodarowania przestrzennego - US MOD ZP
Studium układu transportowego - ZP
System transportowy - US MOD ZP
Średnia odległość obsługi - KO
Średni czas obsługi - KO
Średni koszt transportu w obszarze - MOD KO
Transportowy model grawitacyjny - MOD
Transport zbiorowy - US KBR
Trasa transportowa - US MOD
Układ transportowy - US MOD ZP
Wektor transportowy - US MOD
Wewnętrzna struktura macierzy O-D - MOD
Węzły sieci transportowej - US MOD
Wskaźnik kosztu - KO
Zachowania transportowe - US KBR MOD
Zadanie optymalne - US KO
Zadanie transportowe - US MOD KO
Zadanie transportowe dualne - US MOD KO
Zagospodarowanie przestrzenne - US ZP
Zatłaczana sieć transportowa - MOD