

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

# BIULETYN INFORMACYJNY

15 (166)  
1977

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---

# BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 17

WARSZAWA 1977

NR 15/166/

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

---

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski

Z-ca Redaktora Naczelnego - dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B.Drabik

---

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 624. Wpłynęło do  
Działu Wydawniczego 14.11.1977 r.  
Druk ukończono w grudniu 1977 r.

Andrzej Klimontowicz

GENERACJA I ROZPŁYW ZAINTERESOWAŃ W RUCHU TELEFONICZNYM

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Ruch telekomunikacyjny	1
1.1. Ruch komunikacyjny i jego rodzaje	1
1.2. Zmienność ruchu w czasie i możliwości oceny; GNR	4
2. Podstawowe problemy opisu generacji i rozptyłu zainteresowań informacyjnych	6
3. Opis procesu wzrostu gęstości telefonicznej	8
4. Problemy opisu prawidłowości rozptyłu strumieni zainteresowań	11
4.1. Wprowadzenie	11
4.2. Metody objawowe, oparte na współczynnikach zainteresowania	12
4.2.1. Uwagi ogólne	12
4.2.2. Metoda M. Lengera	12
4.2.3. Metoda S. Kuhna	13
4.2.4. Metoda J. Jełowickiego	14
4.3. Inne metody objawowe	16
4.3.1. Metoda J. Kruthofa	16
4.3.2. Metoda Yngve Rappa	17
4.4. Syntetyczne modele rozptyłu zainteresowań	18
4.4.1. Model grawitacyjny	18
4.4.2. Model "termodynamiczny"	20
4.4.3. Metoda G.S. Gedenidze	21
5. Prace prowadzone w kraju nad problemami opisu wzrostu, generacji i prawidłowości rozptyłu ruchu	22
6. Uwagi końcowe	25
Wykaz literatury	26

## GENERACJA I ROZPŁYW ZAINTERESOWAŃ W RUCHU TELEFONICZNYM

## 1. RUCH TELEKOMUNIKACYJNY

## 1.1. Ruch komunikacyjny i jego rodzaje

Ruch komunikacyjny jest istotną, nieodłączną cechą każdego rodzaju komunikacji. Jest to zjawisko polegające na celowym przemieszczaniu w przestrzeni określonych elementów, opisywanych ogólnie jako "towary", a będących przedmiotami lub informacjami, przy czym przemieszczanie takie realizowane jest przy użyciu odpowiedniego środka komunikacyjnego.

Ruch komunikacyjny dzielimy na: transportowy /związany z przemieszczaniem przedmiotów, w tym również i pasażerów/ i telekomunikacyjny, wyrażający się przemieszczaniem informacji w przestrzeni, przy czym skala odległości pomiędzy punktami wyznaczającymi początek i koniec przemieszczenia może być bardzo różna: równie dobrze może to być kilkaset tysięcy kilometrów w łączności sputnik-ziemia, jak też milimetry, dzielące od siebie układy logiczne o dużej integracji.

Przemieszczenie w ruchu transportowym ma charakter: "punkt-punkt". Jeżeli nawet pasażer /tj. wybrany przedmiot w ruchu transportowym/ realizuje podróż do wielu kolejnych punktów, np. w ramach wycieczki "Wszystkie porty Bałtyku", to jednak nigdy nie jest do tych punktów dostarczany j e d n o c z e ś n i e . Nawet partie jednakowego towaru /np. ładunek 100 ton bananów/, rozdzielane na różne punkty przeznaczenia, traktowane są formalnie jako różne "towary", co ułatwia śledzenie warunków przesyłania każdej partii osobno, chociaż mogą one być traktowane zamiennie.

Przemieszczenie w ruchu telekomunikacyjnym może mieć charakter: "punkt-punkt", co jest regułą w telekomunikacji porozumiewawczej /telefonii, telegrafia, teledakcja/. Do tej kategorii zaliczamy też /podobnie jak w ruchu transportowym/ przemieszczenia typu: "punkt - zbiór punktów", charakterystyczne dla połączeń konferencyjnych w telefonii i dla rozsyłania programów radiowych i telewizyjnych w sieci ośrodków nadawczych. Drugim charakterystycznym rodzajem przemieszczenia jest typ: "punkt-obszar", właściwy dla telekomunikacji rozsiewczej /radiofonia i telewizja w obszarze transmisji od stacji nadawczej do potencjalnych odbiorców/.

Ruch komunikacyjny najprościej można wyrazić ilościowo w postaci oszacowania

elementów /ich liczby, ciężaru, objętości lub też - w przypadku ruchu telekomunikacyjnego - liczby bitów/ przesyłanych w określonych relacjach przestrzennych w ciągu pewnego czasu. Takie podejście nawiązuje do "czystego" ruchu komunikacyjnego, w którym do przesłania elementu angażowana jest tylko niezbędna część wyposażenia technicznego odpowiedniego środka komunikacyjnego. Przykładem omawianego podejścia może być przewóz towarów statkiem, gdy dla elementu wykorzystywana jest bądź to przestrzeń, jaką zajmuje w ładowni, bądź też ciężar, absorbujący użytkową wyporność jednostki.

Można sobie wyobrazić inną sytuację, gdy zamówienie dotyczące przesłania elementu opiewa na maksymalną wartość parametru określającego ilościowo ten element. Np. zamawiamy możliwość przesłania  $2 \text{ m}^3$  towaru, ale w tym "opakowaniu" przesyłamy tylko  $500 \text{ cm}^3$  substancji promieniotwórczej. Ze względu na cechy towaru, takie skromne wykorzystanie rezerwowanej przestrzeni może być uzasadnione. Dla środka transportu sytuacja jest tu jednak zdefiniowana jako: "towar ma objętość  $2 \text{ m}^3$ ; jego objętość bez opakowania nie ma znaczenia".

Opisana sytuacja jest charakterystyczna dla rodzajów telekomunikacji wykorzystujących tzw. komutację kanałów, a więc opierających się na przydzielaniu zgłoszenia na przesłanie informacji z punktu "i" do punktu "j" odpowiedniej drogi przesyłowej **n a ż ą d a n y c z a s**, nie wchodząc w to, czy objętość informacyjna przekazu jest wapółmierna z tym czasem, czy też jest to głównie transmisja "ciszy informacyjnej". Taka sytuacja jest właściwa dla ruchu telefonicznego, gdzie na ogół przydzielana jest zgłoszeniu droga przesyłowa na czas żądany, niezależnie od ilości informacji, jaka ma być w tym czasie przekazana. Sytuacja ta odnosi się też do układów komutacji kanałów w teledacji, w radiofonii i w telewizji, chociaż w innym aspekcie, w aspekcie przypadkowości napływu zgłoszeń i rozkładu czasu obsługi, opis ruchu telekomunikacyjnego jest dla wymienionych służb różny.

W radiofonii i w telewizji ruch jest w bardzo poważnym stopniu uporządkowany. Służy temu praca zespołu ludzi programujących szczegółowo rozłożenie transmisji w przestrzeni i w czasie, na ogół długoterminowo, czasem na kilka najbliższych godzin. Niekiedy powstają tu swoiste straty ruchu w postaci pozycji programu odwołanych ze względu na brak czasu, czasami opóźnienia w realizacji programu /co szczególnie daje się zauważyć w programie telewizyjnym/, z reguły jednak /z wyjątkiem poważnych awarii technicznych systemu, czy też kataklizmów dotyczących poważne połącze kraju/ ruch w radiofonii i w telewizji jest dohrze uporządkowany przez program i z dużym prawdopodobieństwem włączenie odbiornika pozwala na odbiór wybranego fragmentu tematycznego.

Inaczej wygląda sytuacja w telefonii będącej zasadniczym tematem tego artykułu. Tutaj pojawienie się zapotrzebowania na obsługę zależy od życzenia abo-

nenta. Nie znaczy to, że abonenci jako zbiorowość nie mają swoich cech charakterystycznych. Mogą być wprawdzie abonenci, którzy telefonują wyłącznie w nocy. Są to jednak wyjątki. Ogół abonentów ułatwia rozmowy telefoniczne w dzień, dając w rezultacie obraz zmienny w szczegółach realizacji, ale o podobnych cechach wspólnych. Typowy przebieg doby obejmuje ciszę nocną, gdy zapotrzebowanie na rozmowy telefoniczne spada do minimum wyznaczonego potrzebami informacyjnymi zakładów pracujących w nocy, potrzebami wzywania wszelkiego rodzaju służb pogotowia i wreszcie fantazją "nocnych Marków". Mimo małej liczności rozmów, ruch nocny, zwłaszcza ze względu na drugą z wymienionych przyczyn, może mieć poważne znaczenie społeczne i jego właściwe obsłużenie nie jest sprawą pomijalną. Głównym wrogiem ruchu nocnego nie jest brak organów połączeniowych, gdyż te są projektowane ilościowo z myślą o bardziej ruchliwych okresach doby, lecz organy uszkodzone, zajmowane do realizacji połączenia i nie realizujące obsługi, a dające zamiast niej tzw. "zawód" zgłoszenia. Okres ciszy nocnej pokrywa się praktycznie z typowym okresem "trzeciej zmiany", tj. zawiera się w przedziale godzin 22 do 6.

Pozostały okres doby to okres wzmożonego, nierównomiernie podawanego do obsługi ruchu. Niektórzy naukowcy /np. szkoła fińska w osobach profesorów Kalssona i Rahko/ wyodrębniają w tym okresie 6-godzinny okres dużego ruchu. Większość jednak teoretyków i praktyków wyodrębnia i bierze pod szczególną uwagę okres jednej godziny, charakteryzującej się szczególnie dużym ruchem, okres nazwany Godziną Największego Ruchu /GNR/, a więc okres z którym można wiązać największe zapotrzebowanie ilościowe na drogi połączeniowe /i organy połączeniowe/, potrzebne do jednoczesnego ułatwiania odpowiednio określonej liczby zgłoszeń na obsługę. Warto podkreślić, że GNR nie musi się pokrywać z godzinnym okresem największego ruchu w pewnym konkretnym przebiegu dobowym. Szczegóły będą omówione w dalszych punktach, w których oprócz problematyki GNR znajdują miejsce następujące zagadnienia, istotne dla projektowania wielocentralowych układów telefonicznych:

- generacja i rozptył ładunków zapotrzebowania na rozmowy telefoniczne /tzw. ogólnie - zainteresowań informacyjnych/,
- opis procesów wzrostu gęstości telefonicznej w funkcji lat,
- wybrane sposoby opisu prawidłowości rozptyłu ładunków zapotrzebowania na rozmowy /tj. ruchu generowanego/ pomiędzy wszystkie centrale telefoniczne układu wielocentralowego, a więc inaczej - zagadnienia opisu rozptyłu ruchu generowanego na strumieniu zainteresowań<sup>1/</sup>.

<sup>1/</sup> Strumień zainteresowań - ruch telefoniczny rozpatrywany w odniesieniu do określonej, uporządkowanej pary skupisk abonentów wywołujących i wywoływanych.

## 1.2. Zmienność ruchu w czasie i możliwości oceny; GNR

Jak wspomniano w punkcie 1.1., ruch telefoniczny podlega charakterystycznym wahaniom dobowym. Ruch ten wyrażony jest ilościowo w liczbie jednocześnie trwających połączeń, czyli w chwilowych wartościach ruchu  $z$  a  $\lambda$  a  $t$  w i a n e g o, bo tylko ruch załatwany może być obserwowany. Wyróżniany w pracach teoretycznych ruch  $o f e r o w a n y$ , czyli liczba jednocześnie trwających połączeń, jakie byłyby zrealizowane, gdyby każde zgłoszenie zostało przyjęte natychmiast do obsługi i uwieńczone rozmową, ma wartość modelową, odkształcaną od rzeczywistości zjawiskiem powtarzanych zgłoszeń. W ramach prawidłowości przebiegu dobowego, wahaniom ulegają również wartości natężenia ruchu w identycznych chwilach /lub okresach/ poszczególnych dni. Można tu też wyróżnić pewne prawidłowości. Ruch w dni świąteczne różni się od przebiegów dla dni roboczych. Ruch normalnego okresu pracy i ruch wakacyjny też się różnią, i to inaczej dla miast przemysłowych, a inaczej dla miejscowości wypoczynkowych.

Ogólnie biorąc: ruch wykazuje zmienność zależną od pory doby, od charakteru dnia, od wyboru sezonu, a nawet dla tych samych części doby w takich samych rodzajowo dniach i w tym samym sezonie też wykazuje różnice, zależne od aktualnego zapotrzebowania na rozmowy, będącego i w takim ujęciu zmienną losową. Aby w tej sytuacji uchwycić rozsądną możliwość oceny ilościowej zjawiska o opisaną zmienności, zwrócono uwagę na możliwości oceny wartości średniej natężenia ruchu. Wzięto pod uwagę wartości średnie największe w okresie dużego ruchu /bo odpowiadają one największym zapotrzebowaniom na drogi połączeniowe/, odnosząc je do jednej godziny, a to ze względu na:

- istnienie takiej właśnie jednostki czasu,
- konieczność wyboru czasu dostatecznie krótkiego, aby w jego zasięgu nie występowały znacząco cechy zmienności dobowej,
- konieczność wyboru czasu dostatecznie długiego, aby obserwacje zjawiska zmiennego pozwoliły na ocenę jego wartości średniej z zachowaniem dostatecznie wąskiego przedziału ufności.

Odniesienie oszacowania dla godziny szczytu spełnia wprawdzie postulat wyboru okresu największego obciążenia, ale tylko w odniesieniu do konkretnej realizacji dobowej. W ramach wielodobowych obserwacji godzina szczytu "jeździ w czasie i w przestrzeni", tj. zmienia swoje położenie godzinowe w obrębie doby oraz zmienia wartość średniego natężenia ruchu dla różnych dni.

Z tego względu przyjęto określenie GNR nie pokrywające się tożsamościowo z godziną szczytu. Ocenę związane z pojęciem SREDNIEJ GODZINY NAJWIĘKSZEGO RUCHU, tj. z okresem kolejnych sześćdziesięciu minut, podczas którego sumaryczny ruch



za cały okres badaniowy jest największy /w zaleceniach praktycznych jest on ustalany na podstawie obserwacji 30, lub nawet tylko 10 dni roboczych w sezonie dużego ruchu/. Podejście takie ustala GNR w czasie i powoduje, że natężenie ruchu w GNR dla pewnej relacji może odpowiadać natężeniu w okresie obocznym względem GNR w innej relacji. Może to mieć istotne znaczenie dla oceny ruchu łącznego w wiązce załatwiającej np. łączny ruch takich relacji; GNR dla niej może być odchylna w czasie od GNR strumieni składowych, zaś wartość średnia łącznego ruchu w takiej GNR może być mniejsza od sumy natężeń ruchu, odpowiadających GNR strumieni składowych. Cechy te uwzględniają szkoły niemiecka i radziecka. Szkoły anglosaskie i romańskie ignorują te osobliwości, związane ze wpływem i /odwrotne działanie/ z rozpięciem ruchu.

Dla celów projektowania układów central telefonicznych lub sieci wielocentralowych istotne jest, choćby tylko orientacyjne, ocenienie ilościowe GENERACJI I ROZPIĘCIU RUCHU TELEFONICZNEGO, odnoszonego do GNR. Służą temu tzw. "średniówki ruchu generowanego przez poszczególne rodzaje abonentów w ruchu lokalnym i w ruchu międzymiastowym", a więc uzyskane z obserwacji praktycznych spodziewane wartości ruchu generowanego przez charakterystyczne, wyraźnie zróżnicowane ze względu na ich ruchliwość telefoniczną rodzaje abonentów, oraz różne metody oceny spodziewanego rozpięcia strumieni zainteresowań /strumieni ruchu bez uwzględnienia ewentualności jego przechodzenia przez pośrednie centrale transytowe/. O rozpięciu strumieni zainteresowań powiemy dalej. Jeżeli chodzi o ocenę generacji ruchu, to rozróżnia się tu na ogół 4 podstawowe rodzaje /kategorie/ abonentów:

- centralnikowi /urzędowe linie zbiorowe, tzw. linie PBX/, najbardziej ruchliwi, spośród trzech kategorii typowych dla grupy abonentów urzędowych i prywatnych,
- urzędowi /urzędowe linie indywidualne/, 3 - 4 razy mniej ruchliwi niż centralnikowi,
- mieszkaniowi - najmniej ruchliwi, chociaż stanowiący na ogół większość abonentów centrali miejscowej,
- aparaty wrzutowe - najbardziej ruchliwe w ruchu lokalnym, najmniej /jak dotąd/ ruchliwe w ruchu międzymiastowym, stanowiące w zestawie abonentów central miejskich swego rodzaju margines o liczebności około 1%.

Dla tych kategorii abonentów istnieją na ogół ustalone doświadczalnie średnie, orientacyjne wartości ruchu przypadające na jedną linię abonenta każdej z wymienionych kategorii. W Polsce takie "średniówki" opracowane są przez Biuro Studiów i Projektów Łączności i wykorzystywane jako cenna pomoc w pracach projektowych i w badaniach perspektywicznych rozwoju sieci krajowej.

Średniówki generacyjne mogą być wyrażane w jednostkach odpowiadających śred-

niemu natężeniu ruchu w GNR /np. w erlangach<sup>1/</sup> lub w połączeniach-minutach na godzinę, co równe jest 1/60 erlanga/, lub w połączeniach na dobę, co wspomagane oceną współczynnika koncentracji i oceną średniego czasu trwania połączenia, umożliwia przejście do oszacowania średniego natężenia ruchu w GNR.

## 2. PODSTAWOWE PROBLEMY OPISU GENERACJI I ROZPŁYWU ZAINTERESOWAŃ INFORMACYJNYCH

Najważniejsze typy zadań spotykanych w praktyce prac projektowych, prognozytycznych i programowych, dotyczących budowy i rozwoju sieci telefonicznych różnego rodzaju /międzywojewódzkiej, wewnątrzwojewódzkich międzystrefowych, wewnątrzstrefowych/, jak też i wybranych ich fragmentów /np. pojedynczych central w tych sieciach/, można podzielić następująco:

- a/ Projekty budowy pojedynczej centrali telefonicznej lub też kilku central, z jednoczesnym uwzględnieniem odpowiednich zmian wyposażenia central już istniejących i współpracujących z centralami projektowanymi.
  - b/ Projekty rozbudowy central istniejących, z uwzględnieniem zmian wyposażenia współpracujących central nie rozbudowywanych.
- Uwaga. Zadania typów a/ i b/ mogą często występować łącznie.
- c/ Prognozy lub programy rozwoju międzycentralowych sieci telefonicznych oraz liczby i wielkości central telefonicznych na określonych obszarach /np. koncepcja rozwoju krajowej sieci międzymiastowej, koncepcja rozwoju sieci strefy warszawskiej itp./, a więc prace studialno-koncepcyjne, wytyczające główne kierunki rozwoju układów wielocentralowych i pozwalające na odpowiednio wczesne przygotowanie mocy produkcyjnych przemysłu oraz przedsiębiorstw budowlano-montażowych, potrzebnych do realizacji tego rozwoju.

Wszystkie wymienione typy zadań praktycznych wymagają uzyskania odpowiedzi na pytania:

- Jak duże będzie zapotrzebowanie na rozmowy telefoniczne, tj. jak duży będzie ruch generowany przez abonentów obsługiwanych przez każdą z rozważanych central telefonicznych?
- W jakich częściach ruch generowany będzie kierowany do abonentów obsługiwanych przez inne współpracujące centrale?

Dla potrzeb zadań typów a/ i b/ odpowiedzi na te pytania powinny być wystarczająco wiarygodne, aby zapewnić prawidłową obsługę ruchu i możliwość dołącza-

<sup>1/</sup> Erlang - jednostka średniego natężenia ruchu telefonicznego równa natężeniu ruchu, w którym istnieje średnio jedno połączenie.

nia do sieci nowych abonentów na okres rzędu pięciu lat. Dla potrzeb typu c/ odpowiedzi dotyczą stanów przewidywanych w perspektywie 5 do 25 lat i ocena ilościowa może tu być jeszcze odpowiednio mniej precyzyjna /szczególnie dla dalekiej perspektywy/, jednakże wystarczająca do zachowania realności oceny najważniejszych prawidłowości rozwoju sieci, z dopuszczeniem korekty szczegółów w ramach prac projektowych, zaś całości obrazu prognostycznego - w ramach powtórzeń cyklu prac studialnych co 5 lub co najwyżej co 10 lat.

Odpowiedzi na przedstawione pytania nie są, rzecz prosta, wystarczające do pełnego rozwiązania zadań praktycznych. Obok nich trzeba odpowiedzieć na szereg pytań techniczno-systemowych i ekonomicznych, warunkujących prawidłowość rozwoju technicznego i uniknięcia rozwiązań nieopłacalnych, bądź też wręcz przynoszących straty gospodarcze. Są też pytania blisko związane z omawianym tematem, jak np. pytanie: jak podzielić obszar na rejony obsługiwane przez poszczególne centrale i jak dobrać liczbę i lokalizację tych central? Wszystkie te pytania, bardzo istotne dla praktyki, nie są objęte treścią niniejszego artykułu. Mogą one tu być wspomniane tylko ogólnie, warto jednak o nich pamiętać, gdyż stanowią one łącznik pomiędzy prezentowaną tematyką a wieloma innymi zagadnieniami ruchowo-sieciowymi. Warto też wspomnieć o pytaniu: jak zaprojektować ilościowo wyposażenie komutacyjne centrali określonego systemu dla ustalonych już wartości ruchu generowanego i jego rozpiętości? Odpowiedzi na takie pytanie są przedmiotem innego cyklu tematycznego z zakresu teorii i techniki ruchu telekomunikacyjnego, a mianowicie bardzo obszernego działu określanego hasłem: "Obciążalność ruchu układów komutacyjnych".

Najprostsze metodologicznie jest postępowanie w przypadku określania wartości ruchu generowanego dla potrzeb bezpośredniego projektowania. Na postępowanie takie składają się:

- Informacja, jaka ma być pojemność numeracyjna budowanej centrali miejscowej, lub też - o ile numerów ma być rozbudowana istniejąca centrala. Informacja ta jest na ogół dostarczana projektantowi jako założenie wejściowe i stanowi wypadkową programów perspektywicznych rozwoju, życzeń władz terenowych i aktualnych możliwości inwestycyjnych resortu łączności.
- Ustalenie przewidywanych udziałów czterech podstawowych grup rodzajowych abonentów, zgodnie z aktualnymi tendencjami zaspokajania zapotrzebowania zgłoszonych i napływających zgłoszeń, co można ocenić łatwo w odniesieniu do różnych wielkości charakteru gospodarczego pewnej liczby rodzajów ośrodków /głównie miast/ w kraju i ewentualnie dodatkowo skorygować analizując stosunki lokalne.
- Dobranie, zależnie od wielkości i /ewentualnie, jeżeli układ danych to uwzględ-

nia/ od charakteru gospodarczo-administracyjnego miejscowości, odpowiednich "średniówek", wspomnianych w punkcie 1.2.

- Proste, arytmiczne oszacowanie spodziewanego sumarycznego ruchu generowanego przez wszystkich potencjalnych abonentów centrali.
- Ewentualne skonfrontowanie uzyskanych wyników z aktualną sytuacją ruchową w rozważanej miejscowości i wprowadzenie odpowiedniej korekty /oczywiście tylko w przypadkach, gdy na terenie miejscowości już zgromadzone są wiarygodne dane doświadczalne i gdy nie należy sądzić, że rozbudowa może wpłynąć na zmianę ruchliwości ogółu abonentów tej miejscowości/.

Ten prosty schemat załamuje się w okresach wyraźnej przebudowy organizacji sieci telefonicznej. Obecnie w kraju mamy właśnie taką sytuację. Automatyzacja ruchu zamiejscowego wpływa na zmianę ruchliwości abonentów w połączeniach międzymiastowych, zaś proces powiększenia stref numeracyjnych zaczyna wymagać wyodrębnienia nowego układu średniówek ruchu strefowego, kierowanego do innych niż własna miejscowości w strefie. Sytuację ratują pewne przybliżone, doraźne oszacowania. Nowy układ średniówek, dostosowany do zmienionej sytuacji, będzie mógł być opracowany dopiero po zgromadzeniu dostatecznej ilości materiału doświadczalnego.

Inaczej wygląda możliwość oceny wartości ruchu generowanego dla zadań typu c/. Tutaj też możemy się wprawdzie pośilkować /z ograniczoną dokładnością wyników takiego zabiegu i uwzględniając dodatkowo spodziewane zmiany średniówek, związane z automatyzacją ruchu/ układem "średniówek projektanckich" i schematycznym podziałem zbioru abonentów w każdej konkretnej miejscowości na cztery podstawowe kategorie /korygując taki schemat zgodnie z danymi właściwymi dla krajów o większej gęstości telefonicznej, odpowiadającej stanowi przewidywanemu w prognozowanej przyszłości dla naszego kraju/. Podstawową trudnością jest jednak ocena spodziewanej w poszczególnych latach liczby abonentów. Trzeba tu wprowadzić nowy element metodologiczny: ocenę procesu wzrostu gęstości telefonicznej w kraju i w poszczególnych miejscowościach. Zagadnienie to omawiane jest w punkcie 3.

### 3. OPIS PROCESU WZROSTU GĘSTOŚCI TELEFONICZNEJ

W prognozowaniu i w programowaniu rozwoju sieci telefonicznej przyjmowany jest najczęściej opis modelu wzrostu gęstości telefonicznej wg funkcji logistycznej lub też wg zaproponowanej w roku 1971 przez Ericha Böhma, ucznia profesora A. Lotzego z Politechniki Sztuttgarckiej, funkcji logistyczno-potęgowej, której szczególnym przypadkiem jest funkcja logistyczna.

Funkcja logistyczna jest określona zależnością:

$$\frac{G/t}{G_{\max}} = \frac{1}{1 + e^{-c/t - t_h}} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{tgh} \frac{c}{2} / t - t_h / \right] \quad /1/$$

gdzie:  $G/t$  - gęstość telefoniczna, wyrażana w liczbie linii abonenckich na 100 mieszkańców lub aparatów telefonicznych na 100 mieszkańców,

$G_{\max}$  - gęstość nasycenia, tj. gęstość, której nie powinien nigdy przekroczyć proces wzrostu,

$e$  - podstawa algorytmów naturalnych,

$t$  - czas, zmienna niezależna, mogąca przybierać wartości w przedziale od  $-\infty$  do  $+\infty$ ,

$c$  - parametr funkcji, wpływający przede wszystkim na intensywność jej zmienności w części środkowej,

$t_h$  - parametr funkcji, odpowiadający wartości czasu, dla którego stosunek  $G/t/G_{\max}$  przybiera wartość  $1/2$ .

Przypomnijmy:

$$\operatorname{tgh} x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad /-1 < \operatorname{tgh} x < 1/$$

Funkcja logistyczno-potęgowa jest określona zależnością:

$$\frac{G/t}{G_{\max}} = \frac{1}{\left[ 1 + e^{-c/t - t_h} / m \right]} \quad /2/$$

gdzie:  $m$  - dodatkowy, czwarty parametr /dla funkcji logistycznej parametrami są:  $G_{\max}$ ,  $c$  i  $t_h$ /,

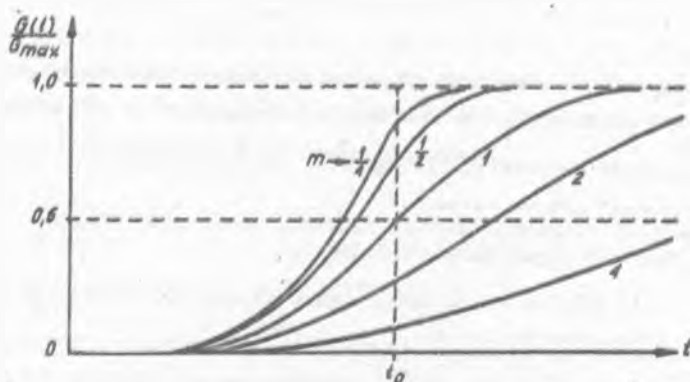
$t_0$  - parametr formalnie odpowiadający parametrowi  $t_h$ , lecz dla którego stosunek  $G/t/G_{\max}$  nie musi wynosić  $1/2$ .

Dla funkcji logistycznej wartości  $t = t_h$  odpowiada wartość  $G/t_h/G_{\max} = 1/2$  oraz punkt przegięcia krzywej /patrz rysunek na stronie 10/.

Dla funkcji logistyczno-potęgowej wartości związane z punktem przegięcia krzywej wynoszą odpowiednio:

$$\frac{G/t_p}{G_{\max}} = \frac{1}{1 + 1/m^m}$$

$$t_p = t_0 + \frac{1}{c} \ln m$$



Porównanie krzywych logistyczno-potęgowych dla ustalonej wartości parametru  $t_0$  i dla różnych wartości parametru  $m$

Krzywa logistyczna jest krzywą trzyparametrową /krzywą unormowaną  $y = G(t)/G_{\max}$  - jest krzywą dwuparametrową, zakładającą ustalenie z góry wartości  $G_{\max}$ /. Krzywa logistyczno-potęgową, wyznaczoną dla warunków uwzględniających dodatkowy parametr  $m > 1$ , jest krzywą czteroparametrową /przy unormowaniu - trzyparametrową/ i pozwala na lepsze dopasowanie do zbiorów danych, charakteryzujących rzeczywiste procesy wzrostu gęstości telefonicznej do przebiegu spodziewanego w dopasowywanej funkcji. Dla państw produkujących w rozwoju gęstości telefonicznej, jak USA, Szwecja i Szwajcaria, najlepiej dopasowane krzywe rozwoju mają parametr  $m$  mniejszy od jedności.

Porównanie przebiegu krzywych logistyczno-potęgowych dla ustalonych wartości parametrów " $c$ " i " $t_0$ " pokazane jest na rysunku powyżej.

Warto wspomnieć o pewnej odmianie krzywej logistyczno-potęgowej "ze szubionym parametrem  $t_0$ ". Krzywa taka /zaproponowana przez mgr A. Brodowskiego z Instytutu Łączności/ uzyskuje się przyjmując wartość  $t_0$  odpowiadającą znanej wartości początkowej  $G/t_0$ /. Sprowadza to postać funkcji logistyczno-potęgowej do krzywej dwuparametrowej. Wystarczy przeto ustalić dla pewnego punktu czasowego  $T$  spodziewaną wartość  $G/T$  i otrzymuje się zależności wyznaczające wartości parametrów " $a$ " i " $m$ " w postaci:

$$c = \frac{1}{T-t_0} \cdot \ln \frac{1}{\left[ \frac{G_{\max}}{G/T} \right]^{1/m} - 1}$$

$$m = \frac{\ln \frac{G_{\max}}{G/t_0}}{\ln 2}$$

Funkcja logistyczno-potęgową "ze zgubionym parametrem  $t$ " jest prostym obliczeniowo i wygodnym przybliżeniem funkcji logistycznej dla przypadków, gdy dane są wartości:  $G/t_0$ ,  $G/T$  i  $G_{max}$ . Przyjęcie wartości  $t_0 \neq t_h$ , na ogół mniejszej od  $t_h$ , oraz przeprowadzenie krzywej przez dwa punkty dane, takie same jak dla krzywej logistycznej, daje uzyskanie wartości parametru  $m > 1$ , lecz jednocześnie i zmianę parametru "c", zaś w rezultacie - "ściśnięcie w czasie" krzywej i zbliżenie jej do przebiegu krzywej logistycznej.

#### 4. PROBLEMY OPISU PRAWIDŁOWOSCI ROZPŁYWU STRUMIENI ZAINTERESOWAŃ

##### 4.1. Wprowadzenie

Metody oceny kształtowania się rozplywu strumieni zainteresowań pomiędzy pewną liczbą central telefonicznych można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- metody objawowe, tj. metody, które bazują na wynikach obserwacji rozplywu strumieni zainteresowań w pewnym wybranym przekroju czasowym i zakładają, że zaobserwowane proporcje podziału ruchu powinny być zasadniczym czynnikiem warunkującym nowy podział ruchu po rozbudowie ilościowej i ruchowej rozważanego obszaru, tj. po zwiększeniu liczby abonentów w poszczególnych centralach i po ukształtowaniu się w wyniku tegorocznych wartości ruchu generowanego,
- metody przyczynowe, tj. metody, które usiłują powiązać przyczynowo rozplyw strumieni zainteresowań z cechami ilościowymi, gospodarczo-administracyjnymi i geograficznymi /odległościowymi/ miejscowości /z ewentualnym uwzględnieniem wpływu połączeń transportowych innych rodzajów na "efektywną odległość telefoniczną", tj. na odległość, która powinna być najbardziej prawidłowo uwzględniana we wzorach opisujących zależności strumienia zainteresowań od odległości między centralami/.

Obydwie grupy dotyczą oceny podziału na strumienie zainteresowań ruchu generowanego przez abonentów obsługiwanych przez poszczególne centrale, ruchu, który został już wcześniej oceniony w oparciu o sposoby opisane w punktach 2 i 3. To praktyczne podejście ma dosyć wyraźne nieścisłości teoretyczne. Nie uwzględnia ono na ogół zależności wartości ruchu generowanego od całokształtu telefonicznego otoczenia centrali. Średniówki projektanckie uzależniają wartości ruchu generowanego od liczby abonentów lub mieszkańców rozważanej miejscowości, pomijając milczeniem charakterystykę ilościową obszaru poza tą miejscowością. Wyjątkiem jest metoda Yngve Rappa, opisana dalej w punkcie 4.3.2, wiążąca wyraźnie ocenę wartości rozplywu i wartości ruchu generowanego. Można również podobne cechy przypisywać grupie metod przyczynowych, opartych na modelu wzajemnych oddziaływań, jednak stwierdzona w praktyce /i mająca swe przesłanki logiczne/ zawodność oceny procesu wzrostu ruchu generowanego na podstawie modelu

wzajemnych oddziaływań, ogranicza wykorzystywanie tych metod do oceny proporcji podziału ruchu na strumienie zainteresowań, pozostawiając ocenę wartości globalnej ruchu generowanego sposobem opisanym w punktach 2 i 3.

#### 4.2. Metody objawowe, oparte na współczynnikach zainteresowania

##### 4.2.1. Uwagi ogólne

U podstaw metod objawowych opartych na współczynnikach zainteresowania leży spostrzeżenie, że najprościej, jednoznacznie określony dla wszystkich układów wielocentralowych schemat rozptyłu ruchu, to schemat oparty na założeniu, że ruch generowany przez pewną centralę dzieli się na części proporcjonalne do wielkości central, do których jest on kierowany. Schemat ten ma wartość stałego punktu odniesienia, gdyż w rzeczywistości wartości strumieni zainteresowań najczęściej odchylają się od niego w górę lub w dół. Współczynniki zainteresowania określają ilościowo to odchylenie od warunków rozptyłu proporcjonalnego.

Z metod objawowych opartych na współczynnikach zainteresowania, warto /ze względów metodologicznych i historycznych/ wspomnieć kolejno trzy opracowane po sobie na przestrzeni w przybliżeniu półwiecza /lata dwudzieste, lata siedemdziesiąte/ metody:

- metodę niemieckiego uczonego Maxa Langera,
- metodę polskiego uczonego Stanisława Kuhna,
- metodę współczynników zrównoważonych dr Józefa Jałowickiego.

Nie wymieniam tu metody radzieckiego specjalisty G.S. Gadenidze, gdyż metoda ta, aczkolwiek omawiana w jednym z dalszych podpunktów i operująca pojęciem współczynników zainteresowania, nie jest metodą objawową.

##### 4.2.2. Metoda M. Langera

Jest to metoda historycznie najwcześniejsza. Ruch pomiędzy centralą "i" a centralą "j" w założeniu rozptyłu proporcjonalnego wynosi:

$$RP_{ij} = RDP \frac{W_j/i/}{\sum_{v=1}^N W_v}$$

gdzie: RDP - ruch do podziału, może to być ruch generowany centralą "i" -  $A_i$ , lub też ruch dopływający do centrali "j" -  $B_j$ ; w oryginalnych pracach Langera jest uwzględniona tylko pierwsza możliwość;



$W_{j/i}$  - wielkość centrali "j" lub centrali "i", wielkość ta może być określana liczbą abonentów lub cechami ruchowymi centrali, tj. jej ruchotwórczością -  $A_{j/i}$  lub ruchochłonnością -  $B_{j/i}$ ;

$N$  - liczba central w układzie.

Langer rozpatrzył i opublikował tylko przypadek oceny:

$$RP_{ij} = A_i \frac{A_j}{\sum_{\nu=1}^N A_\nu}$$

oraz określił współczynnik zainteresowania  $f_{ij}$  jako stosunek ruchu rzeczywistego do proporcjonalnego, czyli:

$$f_{ij} = \frac{RR_{ij}}{RP_{ij}} = \frac{RR_{ij}}{A_i \cdot A_j} \sum_{\nu=1}^N A_\nu$$

lub też:

$$RR_{ij} = f_{ij} \frac{A_i \cdot A_j}{\sum_{\nu=1}^N A_\nu} \quad /3/$$

Jak widać, warunek proporcjonalności rozptyłu dotyczy w koncepcji Langer'a udziału wielkości centrali rozpatrywanej w całym układzie wielocentralowym. Warunek ten zmienia się wraz ze zmianami wielkości układu wielocentralowego, nawet w przypadku, gdy wielkości central "i" i "j" pozostają bez zmiany, co prowadzi do zmiany współczynnika  $f_{ij}$  i uniemożliwia wykorzystywanie go jako wielkości stałej, przenoszonej na warunki układu po jego rozbudowie. Znaczący to, że nie można traktować współczynnika  $f_{ij}$  jako wielkości stałej, ponieważ zależy on od zmian całej masy  $\sum A_\nu$  układu nawet w przypadku, gdy wzrost tej masy nie ma wpływu na rozptył ruchu w centrali "i".

#### 4.2.3. Metoda S. Kuhna

Metoda ta ogranicza warunek proporcjonalności rozptyłu do "stosunków bilateralnych" central "i" i "j", tj.:

$$\frac{RP_{ij}}{RR_{ii}} = \frac{W_j}{W_i}$$

Profesor Kuhn, podobnie jak Max Langer, określił wartości  $W$  przez wartości ruchu generowanego -  $A$ .

Współczynnik zainteresowania w tym przypadku określony jest przez:

$$k_{ij} = \frac{RR_{ij}}{RP_{ij}} = \frac{RR_{ij}}{RR_{ii}} \cdot \frac{A_i}{A_j}$$

lub też:

$$\frac{RR_{ij}}{RR_{ii}} = k_{ij} \cdot \frac{A_j}{A_i} \quad /4/$$

Współczynnik  $k_{ij}$  jest niezależny od masy całego układu, co pozwala traktować go jako wskaźnik stały przy rozbudowie układu central. Wyraża on w pewnym sensie "gęstość masy centrali  $j$  z punktu widzenia centrali  $i$ ".

Ważnymi spostrzeżeniami są:

1/ Związek ze współczynnikami Langer'a:

$$k_{ij} = \frac{f_{ij}}{f_{ii}} \quad /5/$$

2/ Spostrzeżenie, że w przypadku, gdy  $RR_{ii} = 0$  /np. w ruchu międzyosiowym/, można odnosić określanie warunku proporcjonalności do dowolnej innej wybranej centrali /np. "v"/:

$$\frac{RP_{ij}}{RR_{iv}} = \frac{A_j}{A_v}$$

3/

$$RR_{ij} = A_i \frac{A_j \cdot k_{ij}}{N + \sum_{v=1}^N A_v \cdot k_{iv}} \quad /6/$$

#### 4.2.4. Metoda J. Jełowickiego

Metoda ta, którą można nazwać metodą zrównoważonych współczynników zainteresowania, została opracowana w latach 1970-1976; nie jest ona jeszcze szerzej opublikowana. Metoda opiera się na wyborze dwóch z czterech możliwych wariantów zależności, odpowiadających podstawowemu założeniu metody Langer'a. Przypomnijmy: Langer wybrał ocenę rozpiętości ruchu generowanego wg proporcji wielkości central, określonych przez wartości ich ruchu generowanego. J. Jełowicki



Jest to układ nieoznaczony. Wśród jego możliwych rozwiązań szukamy rozwiązania spełniającego dla każdej kolumny i dla każdego wiersza macierzy  $f_{ij}$  warunki:  $B_j$  otrzymane =  $B_j$  założone i  $A_i$  otrzymane =  $A_i$  założone, przy możliwie małym odejściu od przyjętych pierwotnie wartości  $f_{ij}$ .

Tok postępowania iteracyjnego jest następujący:

- Otrzymujemy na macierzy początkowo określonych wartości  $f_{ij}$  i na nowych wartościach  $[A_i]$ ,  $[B_j]$  pierwsze wyniki, ze wzorów //7/ lub //8/. Przyjmijmy za punkt wyjścia wzór //7/. Otrzymamy wartości  $B_j$  otrzymane  $\neq B_j$  założone.
- Mnożymy każdą kolumnę macierzy przez wartość  $B_j \text{ zał} / B_j \text{ otrz}$  uzyskując:  $B_j \text{ otrz} = B_j \text{ zał}$  oraz  $f_{ij} \text{ iter1} = f_{ij} \text{ początek}$   $\cdot \frac{B_j \text{ zał}}{B_j \text{ otrz}}$ , a oprócz tego nowe wartości  $A_i \text{ otrz} \neq A_i \text{ zał}$ .
- Mnożymy każdy wiersz macierzy przez wartość  $A_i \text{ zał} / A_i \text{ otrz}$ , doprowadzając do zgodności  $A_i \text{ otrz} = A_i \text{ zał}$ , uzyskując nowe wartości  $f_{ij} \text{ iter2} = f_{ij} \text{ iter1} \cdot \frac{A_i \text{ zał}}{A_i \text{ otrz}}$  i jednocześnie odczuwając wartości  $B_j \text{ otrz}$ , lecz mniej niż w punkcie 1.

Punkty 2. i 3. powtarzamy, aż do uzyskania praktycznej zgodności wartości otrzymywanych  $A_i$  i  $B_j$  z wartościami założonymi. Uzyskana macierz  $[f_{ij}]$  jest właśnie macierzą współczynników zrównoważonych.

Metoda Jełowickiego nie daje wyników zbieżnych /mogą być tylko przypadkowe zbieżności/ z metodami Langer'a czy Kuhna. Jest ona natomiast identyczna z metodą Kruithofa /opisaną w następnym podpunkcie/. Różni się ona od metody Kruithofa jedynie działaniem formalnym na współczynnikach zainteresowania, podczas gdy ta ostatnia operuje na macierzy przepływów  $[R_{ij}]$ .

#### 4.3. Inne metody objawowe

##### 4.3.1. Metoda J. Kruithofa

Metoda ta, zwana też metodą podwójnych mnożników, jest metodą iteracyjną o postępowaniu zasadniczo identycznym jak w metodzie Jełowickiego, z tym że działanie przeprowadzane jest bezpośrednio na macierzy przepływów  $[R_{ij}]$ , zaś rolę pierwszych  $A_i \text{ otrz}$  i  $B_j \text{ otrz}$  grają wartości początkowe, odpowiadające przepływowi przed rozbudową układu. Postępowanie jest zawsze zbieżne i to na ogół szybko. Metoda została opublikowana w 1937 roku. Mimo jej walorów /np. niedopuszczanie do uzyskiwania dużych rozbieżności  $A_i$  i  $B_j$ / jest stosowana w praktyce rzadziej niż metody oparte na współczynnikach zainteresowania.

## 4.3.2. Metoda Yngve Rappa

Metoda ta, opublikowana w 1968 roku, oparta jest na ocenie wartości jednostkowego zainteresowania ruchowego pomiędzy abonentem pewnej centrali "k" i innej centrali "l". Jeżeli nie dzielimy abonentów tych central na różne grupy, wyodrębnione ze względu na zróżnicowaną ruchotwórczość i wzajemne zainteresowania /co metoda dopuszcza, lecz co znacznie utrudnia jej stosowanie w praktyce/, możemy dla pewnej znanej z obserwacji sytuacji przed rozbudową układu /zwanej umownie "chwilą zerową"/ określić to zainteresowanie jednostkowe jako:

$$\xi_{k,l}^o = \frac{A_{kl}^o}{N_k^o \cdot N_l^o} \quad /10/$$

gdzie:  $A_{kl}$  - strumień ruchu /zainteresowań/ pomiędzy centralą k i l,

$N_k, N_l$  - liczba abonentów, odpowiednio central k i l,

o - "górnny indeks", określający odniesienie do chwili zerowej.

Gdybyśmy traktowali wartość  $\xi_{kl}^o$  jako stałą, niezależną od rozbudowy układu central, można by każdorazowo wyznaczać wartość dla rozbudowy /wielkości bez "górnnych indeksów"/:

$$A_{kl} = \xi_{kl}^o \cdot N_k \cdot N_l$$

Takie postępowanie prowadzi do przeszacowania ruchu. Aby temu przeciwdziałać, Y. Rapp zaleca stosowanie oceny wg zależności:

$$A_{kl} = \xi_{kl} \cdot N_k \cdot N_l \quad /10/$$

gdzie:

$$\xi_{kl} = \xi_{kl}^o \cdot \eta$$

zaś wartość  $\eta$  wyznaczana jest z jednej spośród trzech zaproponowanych przez Y. Rappa zależności, a mianowicie:

1/ Z zależności opartej na założeniu, że suma ruchu od jednego abonenta centrali k do wszystkich abonentów centrali l oraz ruchu od wszystkich abonentów centrali k do jednego abonenta centrali l jest stała, co określa:

$$\eta_1 = \frac{N_k^o + N_l^o}{N_k + N_l} \quad /11/$$

2/ Z zależności opartej na założeniu, że wartość sumy kwadratów zmian ruchu ge-

nerowanego oraz dopływającego, przypadającego na jednego abonenta, powinna być minimalna, co określa:

$$\eta_2 = \frac{N_k^0 \cdot N_k + N_1^0 \cdot N_1}{N_k^2 + N_1^2} \quad /12/$$

3/ Z zależności opartej na założeniu, że wartość  $\xi_{k1}^0$  powinna być zmniejszona w proporcji odpowiadającej stosunkowemu zwiększeniu się liczby abonentów w całym układzie wielocentralowym, a więc:

$$\eta_3 = \frac{M^0}{M} \quad /13/$$

gdzie: M - liczba abonentów w układzie wielocentralowym.

Warto podkreślić, że

- a/ według wszystkich trzech założeń  $0 < \eta < 1$ ,
- b/ stosując  $\eta_1$  lub  $\eta_2$  otrzymuje się  $A_{k1} > A_{k1}^0$ ,
- c/ stosując  $\eta_3$  można otrzymywać dla pewnych kierunków o słabym rozwoju  $A_{k1} < A_{k1}^0$ ,
- d/ stosując  $\eta_1$  otrzymuje się wartości  $A_{k1}$  niezależne od proporcji wartości  $N_k^0$ ,  $N_1^0$ ,  $N_k$  i  $N_1$ ,
- e/ stosując  $\eta_2$  otrzymuje się wartości  $A_{k1}$  zależne od proporcji wartości  $N_k^0$ ,  $N_1^0$ ,  $N_k$  i  $N_1$  /mogące odchyłać się w górę lub w dół od wartości uzyskiwanych przy stosowaniu  $\eta_1/$ .

Własność b/ jest ciekawa ze względu na obserwacje praktyczne, nie wykazujące zmniejszania się ruchu w poszczególnych kierunkach przy wzroście central układu wielocentralowego /z wyjątkiem przypadków specjalnych, gdy np. władze administracyjne przeprowadzają się z miasta "1" do rozbudowywanego miasta "m"/.

Y. Rapp w publikacjach z 1968 roku nie wyszedł poza równorzędne propozycje trzech sposobów określania  $\eta$ . Wstępne badania tego problemu w Polsce nie umożliwiły dotychczas przypisania wyraźnej przewagi żadnemu z przedstawionych sposobów. Brak jest też odpowiednich doniesień zagranicznych.

#### 4.4. Syntetyczne modele rozplywu zainteresowań

##### 4.4.1. Model grawitacyjny

Model grawitacyjny oparty jest na założeniu, że wartość strumienia zainteresowań pomiędzy centralami "i" i "j" może być dostatecznie dobrze oceniona

/przynajmniej dla pewnych, jakościowo jednorodnych zbiorów central i dla pewnego przedziału możliwych zmian usytuowania geograficznego central zbioru/ na podstawie określenia wielkości tych central i odległości między nimi, przy odpowiednio dobranych empirycznie wartościach parametrów stałych dla rozpatrywanego zbioru.

Model grawitacyjny może być opisany ogólnie zależnością:

$$A_{ij} = k \cdot W_i^a \cdot W_j^b \cdot D_{ij}^{-n} \quad /14/$$

gdzie:

$W_i, W_j$  - wielkość central "i" i "j",

$D_{ij}$  - odległość pomiędzy centralami "i" i "j",

$k, a, b, n$  - parametry stałe o wartościach większych od zera.

W wariantach wzoru /14/ najczęściej stosowanych do oceny rozpiętych zainteresowań telefonicznych przyjmowane są:

- wartości  $a = b = 1$ ,
- $W_i, W_j$  - wartości liczby abonentów obsługiwanych przez centrale "i" i "j" lub też wartości ruchotwórczości tych central,
- $D_{ij}$  - odległość pomiędzy centralami "i" i "j" w linii prostej, określona w kilometrach,
- $n$  - parametr dobierany empirycznie.

Model grawitacyjny w takich wariantach opisuje dostatecznie dobrze prawidłowości proporcji strumieni zainteresowań, natomiast znacznie gorzej niż metody oparte na "średniówkach projektanckich" ocenia on spodziewane wartości ruchu generowanego:

$$A_i = \sum_j A_{ij}$$

Z tego względu wartości parametru  $k$  dobierane są na ogół dopiero przy konkretnych zastosowaniach modelu, dla dopasowania jego wyników do wcześniej ocenionych wartości ruchotwórczości central.

Z innych cech modelu grawitacyjnego warto wymienić:

- uzyskiwanie mało wiarygodnych wyników dla małych odległości, co umożliwia wykorzystywanie modelu tylko dla telefonii międzymiastowej,
- lepsze dostosowanie modelu do badań perspektywicznych niż do bezpośredniego projektowania, związane z uśrednieniem wartości parametru  $n$  dla wyodrębnionego jakościowo zbioru central,

- mało precyzyjne uwzględnienie wpływu odległości /zaniedbujące oddziaływanie powiązań komunikacyjnych i barier taryfikacyjnych na kształtowanie się "odległości efektywnej"/, co nie jest wprawdzie integralną cechą modelu, ale wymaga dalszych pracochłonnych badań statystycznych nad możliwościami i celowością zmiany metryki "odległości efektywnej".

#### 4.4.2. Model "termodynamiczny"

Niektórzy naukowcy /jak np. V.E.Beneš, J.A.Tomlin, S.G.Tomlin/ zwrócili uwagę na możliwość stosowania metod mechaniki statystycznej do zagadnień opisu przepływu strumieni zainteresowań. Jeżeli "n" jest globalną liczbą połączeń zrealizowanych w sieci w pewnym przedziale czasu, zaś "n<sub>ij</sub>" - liczbą połączeń z centrali "i" adresowanych do centrali "j", to liczba sposobów, zgodnie z którymi połączenia mogą być przyporządkowywane kierunkom, odpowiednio do określonej liczby połączeń w każdym kierunku, wynosi:

$$w = \frac{n!}{\prod_{ij} n_{ij}!}$$

W 1967 roku A.G. Wilson dowiódł, że zrównoważony rozdział ruchu odpowiada najbardziej prawdopodobnemu stanowi, określonemu przez maksymalizację w, lub też dla wygody:  $\lg w$  /co odpowiada formalnie funkcji entropii/, stosownie do określonych wartości przepływów z uwzględnieniem warunku, że całkowity koszt przepływu jest ustalony i wynosi:

$$C = \sum_i \sum_j n_{ij} \cdot c_{ij}$$

gdzie:  $c_{ij}$  - średni koszt połączenia na drodze od "i" do "j"; koszt ten nie musi być wyrażony bezpośrednio w jednostkach pieniężnych, ale wyraża proporcje wzajemnych zainteresowań obiektów w sieci.

Rozwiązanie układu równań różniczkowych

$$\frac{\partial w}{\partial n_{ij}} = 0$$

metodą czynników Lagrangea daje wynik o postaci:

$$n_{ij} = A_i B_j \cdot \gamma c_{ij}$$



gdzie:  $\gamma$  - parametr zależny od wartości  $c_{ij}$  oraz od wartości ruchotwórczości i ruchochłonności wierszy i kolumn macierzy przepływów.

Model jest ciekawy teoretycznie. Wykazuje on cechy ogólne, zbliżające go do metody Kruithofa. Może też być uważany za szczególny wariant modelu grawitacyjnego. Jest on jednak mniej dogodny do obliczeń niż te metody.

Model termodynamiczny został skutecznie zastosowany w studiach ruchu transportowego dla państw kapitalistycznych. W studiach ruchu telekomunikacyjnego nie znalazł on jeszcze zastosowania potwierzonego publikacjami.

#### 4.4.3. Metoda G.S.Gedenidze

Jest to ostatnia z metod wybranych do omówienia w niniejszym artykule. Trzeba podkreślić, że przedstawione tu metody oceny procesów wzrostu, generacji i rozplywu ruchu prezentują tylko cząstkę dorobku światowego w tej dziedzinie; cząstkę może dosyć ważną dla aktualnego stanu prac badawczych w kraju, ale w żadnym przypadku nie wyczerpującą aspektów poznawczych i nie odpowiadającą rosnącym potrzebom praktycznym rozwoju wiedzy w tym zakresie.

Metoda Gedenidze jest swego rodzaju sposobem tworzenia "syntetycznych współczynników zainteresowania".

Opierając się na określeniu współczynnika zainteresowania zasadniczo zgodnie z koncepcją Langer'a:

$$f_{ij} = \frac{c_{ij} \sum_{v \neq i} c_v}{c_i \cdot c_j} \quad /16/$$

gdzie:  $C$  - dobowe liczby zgłoszeń  $v$  wychodzącym ruchem central, współpracujących w ramach zautomatyzowanego rejonu.

G.S. Gedenidze proponuje ocenę wartości oczekiwanych takich współczynników w oparciu o zależność:

$$f_{ij} = a \cdot x_{ij}^{-b} + c \quad /17/$$

gdzie:

$$x_{ij} = \frac{l_{ij}}{\bar{l}_i} - \text{unormowana odległość pomiędzy centralami "i" i "j",}$$

$$\bar{l}_i = \frac{\sum_{v \neq i} l_{iv}}{n-1} - \text{średnia odległość centrali "i" od pozostałych } n-1 \text{ central rejonu,}$$

$a, b, c$  - stałe współczynniki  $\geq 0$ .

Wartości stałych współczynników dobierane są empirycznie na podstawie obserwacji statystycznych dla różnych rodzajów relacji:

- od centrum rejonu,
- do centrum rejonu,
- pomiędzy centralami podrzędnymi rejonu.

Metoda ma sporo cech zbliżających ją do toku rozumowania właściwego dla modelu grawitacyjnego. Została ona sprawdzona w praktyce dla kilku dużych zautomatyzowanych sieci rejonowych w ZSRR. Dla wszystkich rodzajów relacji wartość  $f_{ij}$  maleje w funkcji odległości, przy czym zróżnicowana jest tempo spadku wartości  $f_{ij}$ : najmniejsze w relacjach do centrum rejonu, największe - w relacjach pomiędzy centralami podrzędnymi.

#### 5. PRACE PROWADZONE W KRAJU NAD PROBLEMAMI OPISU WZROSTU, GENERACJI I PRAWIDŁOWOŚCI ROZPŁYWU RUCHU

Od 1972 roku prowadzone są w Instytucie Łączności prace nad stworzeniem sformalizowanego systemu oceny prawidłowości rozwoju sieci telekomunikacyjnej państwa, w tym również - krajowej sieci telefonicznej. Praca ukierunkowana na uzyskanie wyników wystarczająco wiarygodnych /wymagania pod adresem metod oceny/, a jednocześnie dogodnych do obliczeń na EMC /wymaganie dotyczące efektywności wybranych algorytmów postępowania/ doprowadziły do powstania eksperymentalnego systemu Maszynowej Analizy Rozwoju Sieci /tzw. Systemu MARS/, będącego w zamyśle etapem do opracowania Kompleksowego Systemu Maszynowej Oceny Sieci /hasło robocze: system KOSMOS/. Prace nad rozwijaniem szczegółów systemu MARS jeszcze trwają. W ramach tego systemu wyodrębnić można trzy podsystemy, powiązane wzajemnie i jednocześnie nawiązujące bezpośrednio do tematyki niniejszego przeglądu. Są to:

- MARS-B - podsystem bazy danych,
- MARS-R - podsystem generacji i rozpływu ruchu telefonicznego,
- MARS-T - podsystem sieci telefonicznej.

Podsystem MARS-R nawiązuje bezpośrednio do tematyki dotychczasowych omówień. Wybrane elementy metodologiczne, nadświetlające problematykę budowy podsystemu MARS-T będą omawiane w odrębnym artykule pt. "Kierowanie ruchu telefonicznego". Podsystem MARS-B obejmuje zbiór danych wyjściowych, na których mogą być realizowane algorytmy podsystemu R.

W niniejszym punkcie omówimy więc najłatwiejsze elementy podsystemów MARS-B i MARS-R.

MARS-B obejmuje obecnie zbiór danych ujętych w tzw. Kartotekę Jednostek Administracyjnych /KJA/. Zbiór ten dla każdej z około 2500 podstawowych jednostek administracyjnych kraju /z pominięciem podziału miast na dzielnice/ określa następujące dane:

- nazwę i kod jednostki /z uwzględnieniem jej roli w podziale kraju na województwa i na telefoniczne strefy numeracyjne/,
- współrzędne geograficzne siedziby władz administracyjnych,
- kodowe określenie charakteru gospodarczego jednostki,
- liczbę ludności w roku znamionowym zbioru,
- współczynnik zmian liczby ludności, określony dla modelu wykładniczego zmian,
- gęstość telefoniczną jednostki /w liczbie linii abonenckich na 10 000 mieszkańców/ w roku znamionowym zbioru.

Dane te pozwalają bezpośrednio wyznaczać liczbę oczekiwaną mieszkańców jednostek administracyjnych w dowolnie wybranym roku  $T > T_0$  /gdzie  $T_0$  - rok znamionowy zbioru/.

Obecnie prace prowadzone są w oparciu o dwa warianty KJA, odpowiadające  $T_0 = 1972$  i  $T_0 = 1980$ . Drugi wariant obejmuje dane oczekiwane lub planowane, pierwszy - materiał już historyczny, lecz uwzględniający aktualny w roku 1977 podział kraju na jednostki administracyjne.

Najważniejsze cechy podsystemu MARS-R.

W oparciu o KJA i o dodatkowe dane lub zbiory danych precyzujące:

- rok  $T$ , dla którego oceniany jest rozwój gęstości telefonicznej,
- "średniówki projektanckie" ruchu generowanego, uzależnione od liczby ludności jednostki, od jej charakteru gospodarczego i od rangi administracyjnej,
- wskaźniki podziału ogółu abonentów w jednostce na cztery podstawowe kategorie: M, U, C, W /patrz str. 5 /, zależnie od liczby abonentów, od charakteru i rangi jednostki i od roku  $T$ ,
- wskaźniki podziału ruchu generowanego na: strefowy, międzymiastowy wewnątrz wojewódzki i międzywojewódzki,
- zakładane dla rodzajów jednostek /dla miast i dla wsi/ wartości gęstości nasycenia oraz zakładane dla grup jednostek /wyróżnianych jednakowym charakterem gospodarczym i rangą administracyjną oraz rangą telefoniczną - centra stref numeracyjnych lub inne jednostki/, spodziewane wartości gęstości telefonicznej w roku  $T$ ,

wyznaczane są w programie oceny generacji ruchu /tzw. programu GAMA/ dla każdej jednostki spodziewane w roku  $T$  wartości szeregu danych. Są to:

- liczba mieszkańców,
- liczba abonentów telefonicznych /ogólna i w podziale na 4 kategorie/,
- oczekiwana wartość ruchu generowanego /w podziale na 3 wspomniane frakcje/.

Liczba mieszkańców wyznaczana jest bezpośrednio z zależności:

$$L/T/ = L/T_o/ \cdot q^{T-T_o}$$

gdzie:

$L/T/$  - liczba mieszkańców jednostki w roku  $T$ ,

$q$  - współczynnik zmian ludności jednostki w h KJA.

Liczba abonentów wyznaczana jest za pomocą funkcji logistyczno-potęgowej "ze zgubionym parametrem" w postaci:

$$G/T/ = G_{\max} \cdot \left[ 1 + e^{-c/(T-T_o)} \right]^{-m} \quad /18/$$

gdzie:

$G/T/$  - gęstość telefoniczna jednostki w roku  $T$ ,

$G_{\max}$  - gęstość nasycenia,

$$m = \frac{\ln[G_{\max}/G/T_o/]}{\ln 2}$$

$$c = -\frac{1}{T-T_o} \ln \left[ /G_{\max}/G/T_o/^{1/m} - 1 \right]$$

Liczbę abonentów określa się już banalnie:

$$N/T/ = L/T/ \cdot G/T/$$

Dalsze elementy postępowania przy wyznaczaniu podziału abonentów na kategorie oraz przy wyznaczaniu wartości ruchu generowanego i jego podziału na frakcje, mimo stosowania w nich szeregu pomocniczych algorytmów, nie wnoszą nic istotnego do ogólnego naświetlenia budowy i działania podsystemu MARS-R.

Dane uzyskane z programu GAMA zostają przejęte przez programy oceny proporcji rozpięty strumieni zainteresowań.

Obecnie w podsystemie MARS-R są wykorzystywane wariantowo dwa zestawy takich programów:

1/ Pakiet programów:

RORF - do oceny rozpięty międzystrefowego ruchu wewnątrzwojewódzkiego,

ROMF - do oceny ruchu międzywojewódzkiego,

KOL1 - do oceny strumieni ruchu międzywojewódzkiego skrośnego /t.j. ruchu międzystrefowego o wartości strumienia zainteresowań co najmniej 5 erlanów, pomiędzy strefami położonymi w różnych województwach, z których to stref przynajmniej jedna nie zawiera stolicy województwa/.

Podstawowy algorytm wymienionych programów jest oparty na modelu grawitacyjnym /KOL1 wprowadza dodatkowo uproszczoną ocenę proporcjonalną dla wykrycia strumieni silnych zainteresowań/. Strumienie zainteresowań są oceniane nie dla macierzy jednostek, lecz dla zbiorów jednostek, tworzących strefy numeryczne.

W omawianym wariancie jest jeszcze dodatkowa dekompozycja obrazu strumieni zainteresowań przez podział sieci krajowej na 49 sieci strumieni międzystrefowych wewnątrzwojewódzkich i na sieć strumieni międzywojewódzkich, przypisującą załatwianie zainteresowań międzywojewódzkich za pośrednictwem stolic województw, z wyjątkiem silnych strumieni zainteresowań skrośnych.

- 2/ Pakiet programów INTx /x - kolejny numer programu/ do oceny rozptyłu międzystrefowego ruchu w całym kraju /z możliwością następnego łączenia go w strumienie skanalizowane jak dla poprzedniego pakietu/ oparty na wykorzystaniu metody Kruithofa i na macierzy przepływów międzystrefowych, uzyskanej z obserwacji eksperymentalnych przeprowadzonych w 1976 roku pod patronatem Departamentu Służby Telekomunikacyjnej ME, przy udziale personelu wszystkich DOPiT i aktualnie istniejących central międzymiastowych, a zaprojektowanych i sterowanych metodologicznie przez Zakład Sieci Telekomunikacyjnych Instytutu Łączności. Obserwacje te umożliwiły ocenę strumieni zainteresowań w sieci międzymiastowej ruchu ręcznego i półautomatycznego dla stanu z roku 1976. Dodatkowe obserwacje, prowadzone przez IŁ z udziałem Głównego Urzędu Telefonii Międzymiastowej, pozwoliły na uzyskanie odpowiedniej oceny dla ruchu automatycznego w sieci systemu "miasto-miasto". Przewidywane są dalsze modyfikacje pakietu INTx, związane z próbami zastąpienia metody Kruithofa innymi metodami /m.in. Y. Rappa i opracowaniami własnymi, nawiązującymi do współczynników zainteresowania/.

## 6. UWAGI KOŃCOWE

Niniejszy krótki przegląd, uwzględniający najważniejsze problemy i metody oceny ilościowej procesów wzrostu aktywności ruchowej skupisk abonentów telefonicznych oraz rozptyłu strumieni zainteresowań pomiędzy takimi skupiskami jest pierwszym z zamierzonej serii artykułów, dotyczących możliwości wykorzystywania teorii ruchu telekomunikacyjnego do zadań projektowania sieci i central telefonicznych. Następnym z artykułów tej serii będzie poświęcony podstawowym za-

gadnieniom kierowania ruchem telefonicznym, a więc problematyce kojarzenia strumieni zainteresowań telefonicznych w strumieniu ruchu i kierowania ruchem w sieci telefonicznej.

#### WYKAZ LITERATURY

1. Bear D.: Some theories of telephone traffic distribution: A critical survey. Proceedings of the 7-th International Teltraffic Congress, Stockholm 1973, paper No. 531.
2. Böhm E.: Modelle für Entwicklungsprognosen im Fernsprechwesen. Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung /NV-DV/, Universität Stuttgart, 13 Bericht über verkehrstheoretische Arbeiten, 1971.
3. Gedenidze G.S.: Zakonomnosti raspredelenija potokov telefonnogo soobščenijsa na vnutrizonovych setjach. Elektrosvjaz', 1970, No 5, s. 42-45.
4. Kuhn St.: Zagadnienia ruchowe w telefonii automatycznej. Warszawa: PWN 1957.
5. Rafałowicz Z.: Planowanie perspektywicznego rozwoju telefonii. Warszawa: WKiŁ 1963.
6. Rapp Y.: Calculation of traffic distribution in multi-exchange networks. Ericsson Technics, 1962 Nr 1 s. 3-33.
7. Rapp Y.: Some economic aspects on the long-term planning of telephone networks. Ericsson Rev. 1968 Nr 2 s. 61-71 i 1968 Nr 3 s. 122-136.
8. Tomlin J.A., Tomlin S.G.: Traffic distribution and entropy. Nature 1968 Vol. 220, s. 974-976.
9. Zieliński A., Plewko K.: Modelowanie rozwoju sieci telekomunikacyjnej. Referat na posiedzenie plenarne KEiT PAN. Warszawa: Instytut Łączności 1975.

