

METHODIK-MODELL DER FLÄCHENBEDIENUNGSREDUKTION WÄHREND DER KRISENZUSTÄNDE

Pavel DRDLA, Jan HRABÁČEK

Lehrstuhl für Technologie und Steuerung des Verkehrs

Einleitung

In diesem Beitrag wird die mögliche Methodik präsentiert, die sich mit der Flächenbedienungsreduktion des öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV) in Krisenzuständen befasst.

1. Schritt: Flächenbedienungsanalyse vor Beginn des Krisenzustandes

Zuerst ist es notwendig den Flächenbedienungsumfang vor Beginn des Krisenzustandes zu ermitteln. Erforderlichenfalls ergibt sich der Bedarf des Angebots der einzelnen Verkehrsmittel aus folgendem summarischen Ausdruck:

$$DO = \{A_{DP}\}_{DP=1}^n, \quad (1)$$

$$A_{DP} = \{A_{SP}^{DP}\}_{SP=1}^m, \quad (2)$$

wo:

DO Umfang der Flächenbedienungs (Menge der Kurse),

A_{DP} Menge der Kurse einer Verkehrsmittelart oder des Verkehrszweigs im Rahmen der Flächenbedienungs,

A_{SP}^{DP}	Kurs des Verkehrsmittels oder -zweiges (DP) im Rahmen der Flächenbedienug,
n	Anzahl der Verkehrsmittel oder Verkehrszweige an der Flächenbedienug,
m	Anzahl der Kurse eines Verkehrsmittels oder Verkehrszweiges.

2. Schritt: Ermittlung des Beschränkungsumfangs der Flächenbedienug im Krisenzustand

In diesem Fall muss man bei den einzelnen Verkehrsmitteln oder Verkehrszweigen und dann auch bei ihren einzelnen Kursen den Beschränungsgrad ermitteln. Es stellt sich die Frage, ob der Beschränungsgrad als Gesamtgrösse benutzt wird oder ob man mehrere Beschränungsgrade benutzt und aus denen den resultierenden Grad durch den synergischen Effekt findet. Für den zweiten Fall gilt:

$$SO_{sp(synergie)} = \sum_{i=1}^n (SO_{sp}^i * w^i), \quad (3)$$

$$w \in \langle 0; 1 \rangle,$$

wo:

$SO_{sp(synergie)}$	Kursbeschränungsgrad, vorgegeben vom synergischen Effekt der partiellen Beschränungsgrade,
SO'_{sp}	partieller (i -ter) Kursbeschränungsgrad,
n	Anzahl der partiellen Kursbeschränungsgrade,
w_i	Wichtigkeit des partiellen (i -ten) Kursbeschränungsgrades.

Auf ähnliche Art und Weise werden die einzelnen Abschnitte des Verkehrsnetzes, jeweils alle Verkehrsmittel oder Verkehrszweige, bewertet. Das Verkehrsnetz wird so einzeln Abschnitte geteilt, dass es möglich wird, sie mit dem gleichen Beschränungsgrad in der gesamten Länge zu bewerten.

Dieser Zustand kann man durch folgende Verhältnisse ausdrücken:

$$DC = L_i, \quad (4)$$

$$i \in \langle 0; 1 \rangle,$$

$$L_i = \{l_{j(i)}\}_{j(i)=1}^{n(i)}, \quad (5)$$

wo:

- DC Menge der Kanten im Verkehrsnetz des Gebietes, das direkt oder indirekt vom Krisenzustand betroffen ist,
- L_i Menge der Kanten im Verkehrsnetz mit dem gleichen Beschränkungsgrad (i) bei Krisenzustand,
- $l_{j(i)}$ konkrete j -te Kante im Verkehrsnetz mit dem i -ten Beschränkungsgrad bei Krisenzustand,
- n Anzahl der Kanten im Verkehrsnetz mit dem i -ten Beschränkungsgrad bei Krisenzustand.

Schliesslich wird in diesem Schritt der Ausnutzungsgrad der Verkehrsmittel selbst unter Berücksichtigung des entstandenen Krisenzustands bewertet. Dadurch werden die Verkehrsmittel, die für den folgenden Betrieb nicht benutzbar werden (beschädigt durch den Krisenzustand, isoliert vom Verkehrsnetz, usw.) ausgeschlossen. Der Vorgang der Zustandsformulierung durch den mathematischen Ausdruck ist analog zu den vorgehenden Verhältnissen.

3. Schritt: Einschätzung der Wichtigkeit der einzelnen Elementen der Flächenbedienun g für die Bedienungsbeschränkung des gesamten Verkehrssystems

Die Wichtigkeitsbewertung der einzelnen Elemente der Flächenbedienun g wird im dritten Schritt durchgeführt. Das betrifft die Wichtigkeitsbewertung von einzelnen Kursen, die Wichtigkeitsbewertung von einzelnen partiellen Verkehrsnetzabschnitten (siehe oben) für begrenzte Flächenbedienun gssicherstellung und die Wichtigkeitsbewertung des Einsatzes der einzelnen Verkehrsmittel an den Verkehrskanten zur Minimierung der Krisenzustandsfolgen auf die Flächenbedienun g.

Man kann alles durch folgende Art und Weise ausdrücken:

$$\bar{E}_{(DO)} = E_{(DO)} * (w_{E(DO)}), \quad (6)$$

$$\forall E_{(DO)}, w_{E(DO)} \in \langle 0,1 \rangle,$$

wo:

$E_{(DO)}$	Flächenbedienungselement (d.h. Kurs, partielle Abschnitte des Verkehrsnetzes, Verkehrsmittel u. ä.),
$W_{E(DO)}$	Wichtigkeit des Flächenbedienungselements,
$\overline{E}_{(DO)}$	Flächenbedienungselement mit dem Parameter „Wichtigkeit des Flächenbedienungselements“ (Vektorgrösse).

4. Schritt: Ermittlung der Duplizität von Parallelläufen in der Flächenbedienung

Hier wird der Zustand im Duplizitätsangebot der Kurse im Verkehrsnetz analysiert. Es gilt allgemein, dass es mit Rücksicht auf entstandenen Krisenzustand notwendig ist, nur die Mindestflächenbedienung zur Sicherung der Grundbeförderungsbedürfnisse sicherzustellen. Bei der Minimierung des Flächenbedienungsumfanges darf man nicht die Sicherung einer ausreichenden Kapazität des Beförderungsangebotes für die einzelnen (partiellen) Verkehrsnetzkannten vergessen, bzw. man muss die zugehörige Tageszeitperiode berücksichtigen.

Man kann das durch folgende mathematische Gleichung ausdrücken:

$$DC = L_i ,$$

$$i \in \langle 0; 1 \rangle ,$$

$$L_i = \left\{ l_{j(i)} \right\}_{j(i)=1}^{n(i)} , \quad (7)$$

$$\overline{E}_{(DO)}(l_{j(i)}; t_A) = z * \left(\overline{E}_{(DO)}(l_{j(i)}; t_A) \right) , \quad (8)$$

$$\forall l_{j(i)} , t_A \in \langle 0\text{Uhr}; 24\text{Uhr} \rangle ,$$

$$z \in N \wedge z > 0 ,$$

wo:

DC Menge der Kanten im Verkehrsnetz des Gebietes, das direkt oder indirekt vom Krisenzustand betroffen ist,

L_i Menge der Kanten im Verkehrsnetz mit dem gleichen Beschränkungsgrad (i) bei Krisenzustand,

$l_{j(i)}$ konkrete j -te Kante im Verkehrsnetz mit dem i -ten Beschränkungsgrad bei Krisenzustand,

n Anzahl der Kanten im Verkehrsnetz mit dem i -ten Beschränkungsgrad bei Krisenzustand,

$\overline{E}_{(DO)}(l_{j(i)}; t_A)$	Menge der Elemente (hier Kurse) der Vektorwesensart an der j -ten Kante im Verkehrsnetz mit j -tem Beschränkungsgrad, bezogen auf eine bestimmte Zeitperiode t_A .
t_A	untersuchte Zeitperiode der Flächenbedienungs-sicherstellung bei Krisenzustand,
z	Anzahl der Duplizitätsfälle vom Kursangebot an der gegebenen partiellen Kante $l_{j(i)}$ in der bestimmten Zeitperiode t_A (vor allem in den Spitzenstunden),
$\overline{\overline{E}}_{(DO)}(l_{j(i)}; t_A)$	gesuchte Menge der Duplizitätskurse der Vektorwesensart an der partiellen Kante des Verkehrsnetzes und in der jeweiligen Zeitperiode.

Nach Untersuchung der Duplizitäten muss man schliesslich berücksichtigen, ob die Entfernung der eingeführten Duplizität zur Erhaltung der ausreichenden Flächenbedienungs-kapazität an den einzelnen partiellen Verkehrskanten genügt. Das betrifft vor allem Gebiete, die indirekt vom Krisenzustand beeinflusst werden. Mit dieser Problematik beschäftigt sich der folgende Abschnitt.

5. Schritt: Bildung der Flächenbedienun in den indirekt vom Krisenzustand beeinflusst Gebieten

In einem ersten Fall handelt es sich um die Problematik der Flächenbedienungs-sicherung in den Gebieten, die indirekt vom Krisenzustand betroffen sind. D.h., dass die Verkehrskanten aus dem Gebiet ausgehen, das direkt vom Krisenzustand betroffen ist. Die zweite Möglichkeit ist, dass es sich um die Verkehrskanten handelt, die zur Sicherung der entscheidenden Verkehrsströme in der vom Krisenzustand beeinflusst Region ausgenutzt werden.

Darum ist es notwendig festzustellen, ob die Beförderungsnachfrage mit einem anderen Verkehrsmittel oder Verkehrszweig sicherzustellen möglich ist. Im Allgemeinen ist es zweckmässig, die Flächenbedienungs-elemente (hier vor allem einzelne Kurse) zu bevorzugen, die die kleinere Beschränkung durch die Wirkung des eingetretenen Krisenzustandes haben. In diesem Fall ist es aber notwendig den minimalen Flächenbedienungs-umfang für jede (partielle) Verkehrskante (hier als Q_H bezeichnet) zu erhalten.

Man kann das durch folgende mathematische Gleichung ausdrücken:

$$\overline{H}_{(l,t)}(w_E; q_H; i) = \overline{E}_{(DO)}(l_{j(i)}; t_A; w_E; q_H; i), \quad (9)$$

$$\forall E_{(DO)} \wedge \forall l_{j(i)} \wedge \forall t_A \wedge q_H \rangle 0 \wedge i \in \langle 0; 1 \rangle,$$

$$\overline{\overline{H}}_{(j,t)UNDIR} = H_{(l,t)}(w_E; q_H; i), \quad (10)$$

$$\{i * w_E * q_H\} \rightarrow \max$$

$$\sum q_H \geq Q_H \wedge \left(\sum q_H - Q_H \right) \rightarrow 0$$

$\overline{E}_{(DO)}(l_{j(i)}; t_A; w_E; q_H; i)$ Elementsmenge (hier Kurse) der Flächenbedien-
 bedienung an der bestimmten Verkehrs-
 netzkante mit dem Beschränkungsgrad
 aufgrund des Krisenzustands (hier der
 Beschränkungsgrad getrennt für jeweils jeden
 Kurs an der Kante), bezogen auf die analy-
 sierte Zeitperiode und weiter charakterisiert
 durch Wichtigkeit und Kapazität des Ele-
 mentes,

$\overline{H}_{(l,t)}(w_E; q_H; i)$ gekürzter Eintrag der vorigen Elementmenge,
 wo als die Elemente nur die Kurse an den
 (partiellen) Verkehrskanten betrachtet werden,

$E_{(DO)}$ allgemeines Element der Flächenbedien-
 ung im Verkehrsnetz,

i beliebiger Grad der Elementsbeschränkung
 der Flächenbedien-
 ung, die durch den Krisen-
 zustand entstand,

$\overline{\overline{H}}_{(j,t)UNDIR}$ gesuchte Menge der Kurse an der (partiellen)
 Verkehrskante, entsprechend der Bedingung
 für Sicherung der Mindestmenge an
 Beförderungsangebot bei den am höchsten
 synergisch berücksichtigten Parametern, die
 vom Krisenzustand und von der Kurswicht-
 igkeit begrenzt werden,

w_E Wichtigkeit des Kurses an der untersuchten
 (partiellen) Verkehrskante für Flächenbedie-
 nungssicherstellung,

q_H Parameter, der die Angebotsgrösse der Beför-
 derungskapazität definiert,

Q_H Untergrenze (einschliesslich einer Reserve aufgrund der zeitlichen und räumlichen Schwankungen der Beförderung) der Angebotsgrösse der Beförderungskapazität von ausgewählten Kursen an der (partiellen) Verkehrskante.

Analog wird auch für die anderen (partiellen) Verkehrskanten im Hinblick auf die Sicherung der notwendigen Flächenbedienung vorgegangen.

6. Schritt: Bildung der Ersatzflächenbedienung in den vom Krisenzustand betroffenen Gebieten

In diesem Fall muss man zuerst ermitteln, ob der verbleibende Flächenbedienungsumfang an die einzelnen (partiellen) Verkehrskanten den Anforderungen entspricht.

Bei jeder Kante können zwei Fälle eintreten:

a) $\sum q_H \geq Q_H$: in diesem Fall kann man analog zum vorigen Schritt, wie bei den indirekt vom Krisenzustand beeinflussten Gebieten, fortfahren. Als Ergebnis dient da analog die ermittelte Kursmenge $\overline{\overline{H}}_{(j,t)DIR}$;

b) $\sum q_H < Q_H$: für diesen Zustand werden alle Angebote der Beförderungskapazitäten an den einzelnen Verkehrskanten ausgenutzt und durch neu gebildete Kurse ergänzt. Es soll das Prinzip gelten, dass für die neu zu schaffenden Kurse die gegenwärtigen Kurse von anderen Verkehrskanten auf die begrenzten Kanten verlängert werden sollen. (Minimierung des Umsteigens, was selbst bei Krisenzustand ein grosses Problem verursache.)

ad b) man kann alles wie folgt ausdrücken:

$$\overline{H}_{(l,t)}(q_H) = \overline{E}_{(DO)}(l_j; q_H; t_A), \tag{11}$$

$$\forall E_{(DO)} \wedge \forall l_j \wedge \forall t_A \wedge q_H > 0,$$

$$\overline{\overline{H}}_{(j,t)DIR} = \overline{H}_{(l,t)}(q_H) + H'''_{(l,t)}(q_H'''), \tag{12}$$

$$\sum q_H + \sum q_H''' \geq Q_H \wedge \left(\sum q_H + \sum q_H''' - Q_H \right) \rightarrow 0$$

wo:

- $\overline{E}_{(DO)}(l_j; q_H; t_A)$ Menge der Elemente (hier Kurse) der Flächenbedienung an der bestimmten Kante des Verkehrsnetzes, bezogen auf die untersuchte Zeitperiode und weiter charakterisiert durch die Elementskapazität,
- $\overline{H}_{(l,t)}(q_H)$ verkürzte Eintragung der vorigen Elementsmenge, wobei man unter Element nun nur die Kurse an der (partiellen) Verkehrskante versteht,
- $E_{(DO)}$ allgemeines Element der Flächenbedienung im Verkehrsnetz,
- $\overline{\overline{H}}_{(j,t)DIR}$ gesuchte Menge der Kurse an der (partiellen) Verkehrskante, entsprechend der Bedingung zur Sicherung der Mindestmenge an Beförderungsangebot bei den am höchsten synergisch berücksichtigten Parametern, die vom Krisenzustand und von der Kurswichtigkeit begrenzt sind,
- q_H Parameter, der die Angebotsgrösse der Beförderungskapazität definiert,
- Q_H Untergrenze (einschliesslich einer Reserve aufgrund der zeitlichen und räumlichen Schwankungen der Beförderung) der Angebotsgrösse der Beförderungskapazität von ausgewählten Kursen an der (partiellen) Verkehrskante,
- q_H''' Parameter, der die Angebotsgrösse der Beförderungskapazität von zusätzlich ergänzten Kursen definiert,
- $H'''_{(l,t)}(q_H''')$ Menge der ergänzten Kurse an (partiellen) Verkehrskanten in der jeweiligen Zeitperiode, wo einzelne Kurse zusätzlich durch ihre Beförderungskapazität charakterisiert werden.

7. Schritt: Auswertung der Flächenbedienung in den Gebieten, die direkt oder indirekt vom Krisenzustand beeinflusst werden.

Hier wird das vorgeschlagene Flächenbedienungsmodell der Gebiete bewertet, die direkt und indirekt vom Krisenzustand beeinflusst werden.

Es wird vom Ausgangszustand vor dem Krisenzustand ausgegangen. Dieser Zustand wird analysiert. Das Ziel ist, den überflüssigen Angebotsumfang der Beförderungsdienstleistungen zu ermitteln und aus der Kursmenge die Ergänzungskurse, die über den Rahmen der Grundflächenbedienung hinausgehen, auszuwählen. Der Umfang der Grundflächenbedienung bei Kapazitätseinhaltung im Beförderungsangebot ist die Basis für die Lösung der Flächenbedienungssicherung bei Krisenzustand.

Im Krisenzustand muss für jede (partielle) Verkehrskante und jede vergleichbare Zeitperiode die Analyse der ausreichenden Angebotsmenge der Beförderungsdienstleistungen gemacht werden:

$$Q_H(l_j; t_A) \geq \tilde{Q}_H(l_j; t_A), \quad (13)$$

$$\forall l_j \wedge \forall t_A,$$

wo:

- $Q_H(l_j; t_A)$ Angebotsumfang der Beförderungsdienste an der (partiellen) Verkehrskante in der bestimmten Zeitperiode nach Anwendung der betreffenden Massnahmen bei Krisenzustand mit Einfluss auf die Flächenbedienungssicherstellung,
- $\tilde{Q}_H(l_j; t_A)$ geforderter Mindestumfang des Angebots an den gesamten Beförderungsdiensten (siehe voriger Punkt),
- l_j konkrete j -te (partielle) Verkehrskante im Verkehrsnetz,
- t_A untersuchte Zeitperiode der Flächenbedienungssicherstellung bei Krisenzustand.

Lektor: doc. RNDr. Bohdan Linda, CSc.

Vorgelegt: 8.2.2006

Der Beitrag wurde im Rahmen der Institutionalforschung "Theorie der Transportsystemen" (MSM 0021627505) der Universität Pardubice bearbeitet.

Literatur

1. CENEK, P.; KLIMA, V.; JANÁČEK, J. *Optimalizace dopravních a spojových procesů*. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov, 1994. 343 s. ISBN 80-7100-197-X
2. ČERNÝ, J.; KLUVÁNEK, P. *Základy matematickej teórie dopravy*. Bratislava: VEDA, 1991. 279 s.
3. ČERNÁ, A.; ČERNÝ, J.. *Teorie řízení a rozhodování v systémech*. Praha: Institut Jana Pernera, 2004. 150 s. ISBN 80-86530-15-9

Resumé

METODICKÝ MODEL REDUKCE PLOŠNÉ OBSLUHY BĚHEM KRIZOVÝCH SITUACÍ.

Předložená metodika může být využita pro praktické aplikace. Cílem je zajištění požadovaného objemu plošné obsluhy se zohledněním omezujících kritérií v oblastech, které budou přímo nebo nepřímo postiženy mimořádnými událostmi.

Zusammenfassung

METHODIK-MODELL DER FLÄCHENBEDIENUNGSREDUKTION WÄHREND DER KRISENZUSTÄNDE

Pavel DRDLA – Jan HRABÁČEK

Die vorgestellte Methodik kann man für eine praktische Anwendung benutzen. Das Anwendungsziel ist die Sicherung des geforderten Flächenbedienungsumfangs mit der Berücksichtigung der einschränkenden Kriterien in den Gebieten, die direkt oder indirekt vom ausserordentlichen Ereignis betroffen sein werden.

Summary

NAME OF YOUR EDITORIAL A METHODOICAL MODEL FOR TRANSPORT IN DISTRIBUTION AREA AT CRITICAL SITUATIONS

Pavel DRDLA – Jan HRABÁČEK

Paper deals with possible solution of transport in distribution area at critical situations. Presented methodology could be applied in real situation. The aim is to ensure required range of transport in distribution area regarding restrictive criteria of direct or indirect affected areas.