



تعیین کمانهای بهینه از شبکه جهت شمارش حجم برای ماتریس مبدا - مقصد

مهدی محمودآبادی¹

کارشناس ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، مشهد - بلوار سجاد - بیستون 9 پلاک 25

چکیده:

امروز دستیابی به ماتریس مبدا - مقصد با استفاده از اطلاعات شمارش حجم بسیار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است چرا که در اینگونه روشها می توان بر اساس حجم جریان در کمانهای شبکه که با هزینه بسیار کمتر و صرف وقت بسیار کم و دقت بالا در دسترس می باشند، اقدام به برآورد ماتریس مبدا - مقصد نموده در اینگونه الگوریتمها تعداد و محل کمانها جهت شمارش حجم یکی از پارامترهای اصلی می باشد. بطوریکه با انتخاب کمانهای بهینه می توان به ماتریس مبدا - مقصد بهتری رسید. در این مقاله الگوریتمی جهت تعیین تعداد و محل کمانهای بهینه برای شمارش حجم ارایه شده است. روش مورد نظر حداقل کمانها جهت پوشش ماکزیمم عناصر ماتریس مبدا - مقصد را بدست می دهد. این الگوریتم بخصوص برای روش گرادیان در برآورد ماتریس مبدا - مقصد بسیار موثر است چرا که در روش گرادیان تنها زوج مبدا - مقصدهای پوشش داده شده توسط کمانهای شمارش حجم تصحیح و برآورد می گردند. در ادامه الگوریتم مورد نظر در محیط *EMME/* و *Foxpro* برنامه نویسی شده و برای یک شبکه واقعی با مقیاس بزرگ (شهر مشهد) اجرا گردیده است نتایج حاصله نشان می دهد که برای شبکه شهر مشهد تنها با شمارش 8 درصد از کمانهای شبکه می توان حدود 95 درصد از ماتریس مبدا - مقصد را پوشش و در نتیجه تصحیح کرد. در الگوریتم پیشنهادی حالتی که تعدادی از کمانهای شبکه از قبل شمارش شده اند و یا بدلیلی باید در لیست کمانهای بهینه باشند، و یا حالتی که کمانهای بهینه بایستی از بین مجموعه کمانهای معینی انتخاب گردند و یا موقعی که پوشش زوج مبدا - مقصدهای خاصی مد نظر باشد نیز لحاظ شده است.

¹ - مدیر عامل مهندسين مشاور بهين تردد، 0511-7618222 ، mehdimahmudabadi@yahoo.com

1- مقدمہ:

اطلاعات تقاضای سفر بہ صورت ماتریسهای مبداء- مقصد یکی از اصلی ترین و ضروری ترین ورودی‌ها در برنامه‌ریزی و مهندسی حمل و نقل است و برای طراحی و مدیریت سیستمهای حمل و نقل یکی از اطلاعات اساسی به حساب می‌آید. معمولاً دستیابی به این اطلاعات بسیار سخت و مستلزم صرف وقت، هزینه و نیروی انسانی بسیاری می‌باشد. این در حالی است که دسترسی به حجم جریان در کمانهای شبکه به راحتی، با دقت بالا و هزینه بسیار کم میسر است. از اینرو در سالهای اخیر توجه بسیاری از پژوهشگران به چگونگی برآورد ماتریس مبداء- مقصد از روی حجم جریان در کمانهای شبکه معطوف شده است. از میان روشهای گوناگون و متنوع ارایه شده جهت برآورد ماتریس مبداء- مقصد با استفاده از اطلاعات شمارش حجم، روش گرادیان ارایه شده توسط اسپایس [1] از کارآیی بیشتری برای حل مسائل واقعی در ابعاد بزرگ برخوردار است مدل ریاضی اسپایس به شکل زیر می‌باشد:

$$\min z(g) = \frac{1}{4} \sum_{a \in A^*} (v_a - \hat{v}_a)^2$$

S.f

$$V = \text{assign}(g)$$

$$g \geq 0$$

که در آن:

A^{\wedge} : مجموعه کمانهایی از شبکه که جریان در آنها شمارش شده است

V^{\wedge} : بردار حجم جریان شمارش شده در کمانهای شبکه

g : ماتریس تقاضای مبداء- مقصد

$\text{assign}(g)$: یک مدل تخصیص ترافیک بر پایه تعادل به جهت تخصیص ماتریس تقاضای g به شبکه

V : بردار حجم جریان روی کمانهای شبکه (حاصل از تخصیص تقاضای g به شبکه)

الگوریتم روش گرادیان نیز در شکل (1) ارایه شده است.

گام 1: قرار ده $l=0$ و $g_i = \hat{g}_i$ برای $i \in I$.

گام 2: ماتریس g_i را بر روی شبکه تخصیص ده و حجم ترافیک روی کمانهای شبکه (v_a) را بدست آور (مدل تخصیص ترافیک بر اساس تعادل شبکه).

گام 3: برای هر مبداء-مقصد i ، $i \in I$ ، مجموعه مسیره‌های استفاده شده K_i و جریان تعادلی در این

$$\frac{Z(g)}{g_i}$$

مسیره‌ها، h_k ، را تعیین کن و مقادیر g_i و λ_l را مطابق روابط زیر محاسبه کن:

$$p_k = \frac{h_k}{g_i}$$

$$\frac{fZ(g)}{f g_i} = \sum_{k \in K_i} p_k \sum_{a \in \hat{A}} d_{ak} (v_a - \hat{v}_a)$$

$$v'_a = - \sum_{i \in I} g_i \left(\sum_{k \in K_i} p_k \sum_{a \in \hat{A}} d_{ak} (v_a - \hat{v}_a) \right) \cdot \left(\sum_{k \in K_i} d_{ak} p_k \right)$$

$$I^l = \frac{\sum_{a \in \hat{A}} v'_a (\hat{v}_a - v_a)}{\sum_{a \in \hat{A}} v'_a}$$

$$I^l \frac{fZ(g)}{f g_i} \leq 1$$

گام 4: در صورت برقرار نبودن شرط امکان پذیری یعنی ، مقدار طول گام حرکت را به صورت زیر تصحیح کن:
اگر $\lambda l > 0$ آنگاه:

$$I^l = \sqrt{\text{MAX}_{i \in I} \left\{ \frac{fZ(g)}{f g_i} \mid g_i > 0, I \frac{fZ(g)}{f g_i} > 1 \right\}}$$

اگر $\lambda l < 0$ آنگاه:

$$I^l = \sqrt{\text{MIN}_{i \in I} \left\{ \frac{fZ(g)}{f g_i} \mid g_i > 0, I \frac{fZ(g)}{f g_i} > 1 \right\}}$$

گام 5: مقادیر جدید ماتریس g_i را بر اساس رابطه زیر محاسبه کن:

$$g_i^{l+1} = \begin{cases} \hat{g}_i & l = 0 \\ g_i^l (1 - I^l \left(\frac{fZ(g)}{f g_i} \right)) & l = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

گام 6: قرار ده $l = l + 1$ و $g_i = g_i^l$.

گام 7: اگر "معیار توقف" برقرار نیست به گام 2 برو، در غیر این صورت توقف کن.

شکل (1). گام های روش گرادیان برای برآورد ماتریس تقاضا از اطلاعات شمارش حجم

همانگونه که از گام های 3 و 5 الگوریتم روش گرادیان دیده می شود روش گرادیان تنها زوج مبداء - مقصدهایی را می تواند تصحیح (برآورد) کند که در کوتاهترین مسیر آن زوج مبداء - مقصد کمان شمارش حجم شده وجود داشته باشد ($d_{ak} = 1$) در غیر این صورت روش قادر به تصحیح آن زوج مبداء - مقصد نخواهد بود [2].

در تحقیق حاضر جهت بهبود روش گرادیان (وحتی اکثر روشهای برآورد ماتریس مبداء - مقصد از روی اطلاعات حجم کمانها) الگوریتمی ارایه گردیده است تا بر اساس آن بتوان کمانهای بهینه از شبکه را جهت شمارش حجم و برآورد (تصحیح) ماتریس مبداء - مقصد بدست آورد. با توجه به آنکه پوشش زوج مبداء - مقصدها یکی از پارامترهای اساسی در موفقیت روش گرادیان است لذا الگوریتم پیشنهادی

در این تحقیق مینی موم تعداد کمانهای شبکه که بیشترین پوشش زوج مبدا- مقصد را می دهند، بدست می آورد.

در حالتی که برخی از کمانهای شبکه قبلاً شمارش حجم شده باشند و یا بدلالی بایستی در مجموعه کمانهای بهینه قرار بگیرند، الگوریتم پیشنهادی قادر است که با لحاظ این کمانها، مجموعه کمانهای بهینه را که بیشترین پوشش زوج مبدا- مقصد را می دهند محاسبه کند.

روش ارایه شده در این مقاله کارآیی لازم جهت اجرا در شبکه های با مقیاس بزرگ (و خیلی بزرگ) را دارد. این روش برای شبکه شهر مشهد (یک شبکه با مقیاس بزرگ) پیاده سازی و اجرا گردیده و نتایج در ادامه نیز ارایه شده است.

2- روش حل مسئله - ارایه الگوریتم

در ابتدا نمادهای استفاده شده در الگوریتم پیشنهادی به شکل زیر معرفی می گردند:

g_i^{\wedge} : ماتریس مبدا- مقصد اولیه (مشاهده)

A : مجموعه کمانهای شبکه

I : مجموعه زوج مبدا- مقصد

UC (Uncovered OD): مجموعه زوج مبدا- مقصدهای پوشش داده نشده

OL (Optimum Links): مجموعه کمانهای بهینه جهت شمارش حجم (خروجی الگوریتم)

CO (Covered OD): مجموعه زوج مبدا- مقصدهای پوشش داده شده توسط مجموعه کمانهای بهینه (مجموعه OL)

NCO (New Covered OD): مجموعه زوج مبدا- مقصدهای جدید پوشش داده شده توسط کمان بهینه $a \in A$

CL (Candidate Links): مجموعه کمانهای کاندید جهت انتخاب کمانهای بهینه

K_i : مسیر استفاده شده (کوتاهترین مسیر) زوج مبدا- مقصد $i \in I$

الگوریتم پیشنهادی جهت تعیین کمانهای بهینه جهت شمارش حجم (بیشترین پوشش مبدا- مقصد) به شکل زیر ارایه گردد:

قرار بده:

g_i^{\wedge} : ماتریس مبدا- مقصد اولیه

A : مجموعه کمانهای شبکه

I : مجموعه زوج مبدا- مقصد

\tilde{l} : شمارنده

مقداردهی اولیه:

$$CL = A, \quad NCO = \neg, \quad CO = \neg, \quad OL = \neg, \quad UC = I$$

که:

UC: مجموعه زوج مبدا- مقصدهای پوشش داده نشده

Uncovered O-D

OL: مجموعه کمانهای بهینه

Optimum Links

CO: مجموعه زوج مبدا- مقصدهای پوشش داده شده توسط مجموعه کمانهای بهینه (OL)

Covered O-D

NCO: مجموعه زوج مبدا- مقصدهای جدید پوشش داده شده توسط کمان بهینه a که

New Covered O-D

$A \ni a$

Candidate Links

CL: مجموعه کمانهای کاندید جهت انتخاب

1- \hat{g}_i را به شبکه تخصیص ده (مدل تخصیص ترافیک بر اساس تعادل شبکه)

2- برای هر مبدا و مقصد $i \in I$ مجموعه مسیره‌های استفاده شده K_i و کمانهای مربوطه را تعیین کن

3- از مجموعه CL، کمان a را که بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد از مجموعه UC را پوشش می‌دهد، تعیین کن. (چنانچه چندین کمان دارای این خاصیت بودند، از بین آنها کمانی را که بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد از مجموعه I را پوشش می‌دهد انتخاب کن)

4- مجموعه NCO را محاسبه کن:

$NCO \subset UC$ و برابر زوج مبدا- مقصدهای جدیدی است که توسط کمان a پوشش داده می‌شوند.

5- کمان بهینه a (کمان پیدا شده در بند 5) را به انتهای مجموعه OL اضافه کن: $OL = \{ a \}$

$OL \cup$

6- مجموعه CO را بهنگام کن: $CO = CO \cup NCO$

7- مجموعه UC را بهنگام کن: $UC = UC - NCO$

8- مجموعه CL را بهنگام کن: $CL = CL - \{ a \}$

9- قرارداد $l = l+1$

10- اگر معیار توقف برقرار نیست به گام 5 برو، و گرنه توقف کن.

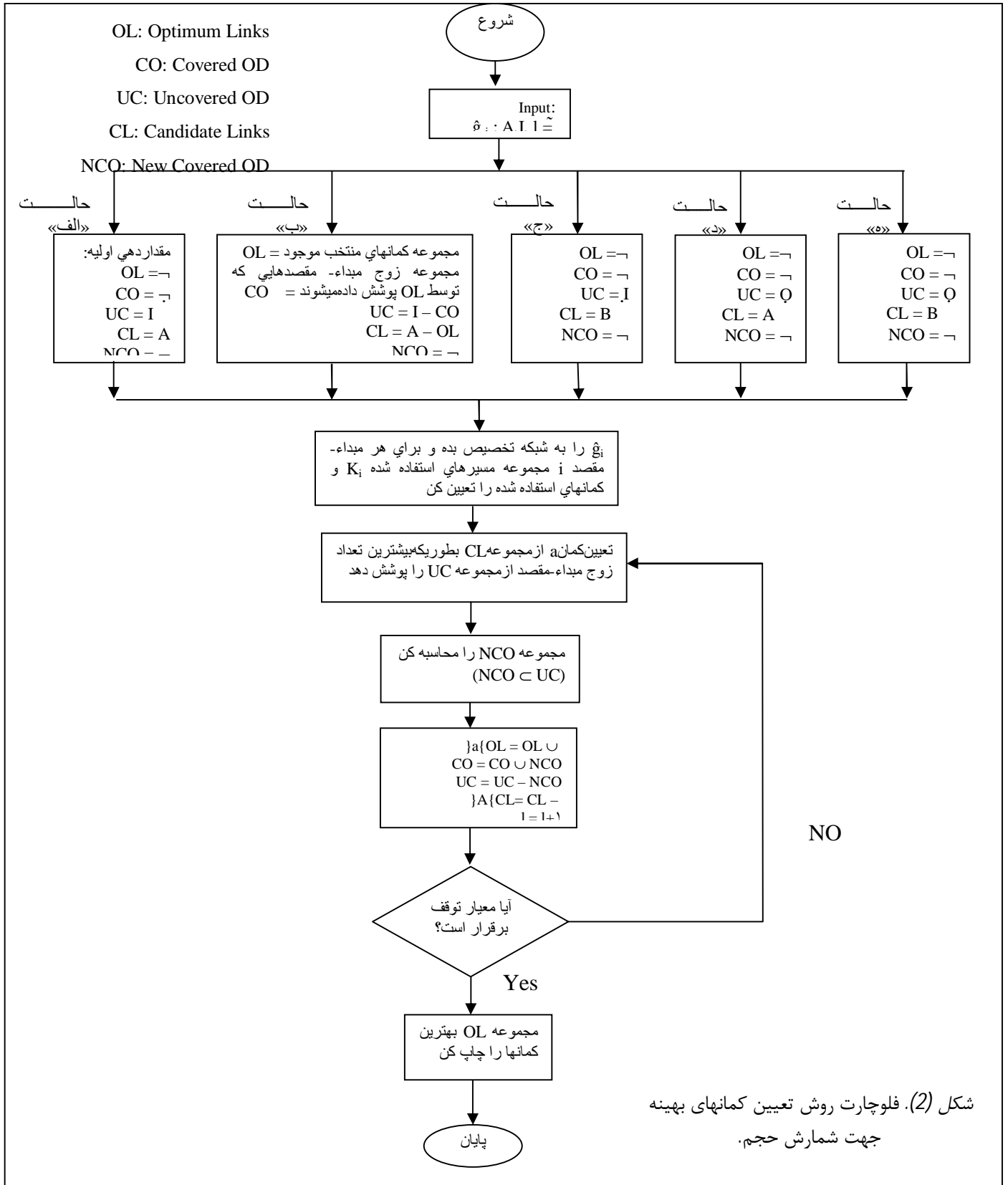
1-2- معیار توقف در الگوریتم

معیار توقف در الگوریتم تعیین کمانهای بهینه جهت شمارش حجم می‌تواند هر کدام از سه شرط ذیل باشد (و یا ترکیبی از سه شرط):

- معیار تعداد کمانهای بهینه (حداکثر تعداد کمانی که بعنوان کمان بهینه می‌خواهیم انتخاب کنیم)، که در واقع همان شمارنده I در الگوریتم می‌باشد.

- معیار میزان افزایش درصد پوشش زوج مبدا- مقصد در دو تکرار متوالی الگوریتم

- معیار رسیدن به درصد خاصی از پوشش زوج مبدا- مقصد (مثلاً رسیدن به پوشش 95% زوج مبدا- مقصد)
 - الگوریتم مورد نظر می‌تواند برای 5 حالت ذیل پیاده سازی و در هر حالت نسبت به پیدا کردن کمانهای بهینه عمل کند:
 - حالت الف) این حالت، همان حالت معمولی است که کمانهای بهینه از بین کل مجموعه کمانهای شبکه انتخاب می‌گردند.
 - حالت ب) از قبل چند کمان شمارش حجم شده‌اند و یا بدلائل دیگری می‌بایستی در مجموعه کمانهای بهینه قرار داشته باشند.
 - حالت ج) بر اساس یکسری اطلاعات قبلی و یا تحقیقاتی، یک مجموعه‌ای از کمانها بعنوان کاندید انتخاب شده‌اند (مجموعه B) که BCA و باید کمانهای بهینه از بین مجموعه B محاسبه شود.
 - حالت د) بر اساس یک مطالعه قبلی و یا مشاهداتی، پوشش تمامی زوج مبدا- مقصدها مورد توجه نیست و فقط پوشش زیر مجموعه‌ای از آنها مد نظر است ($O, O \subset I$ زوج مبدا- مقصدهایی که پوشش آنها توسط کمانهای شمارش حجم مورد توجه است)
 - حالت ه) ترکیبی از حالت (ج) و (د)
- با توجه به توضیحات فوق فلوچارت تعیین کمانهای بهینه برای شمارش حجم در شکل (2) ارائه می‌گردد:



3- پیاده‌سازی الگوریتم

برای پیاده‌سازی روش ارایه شده در این تحقیق از نرم افزار EMME/ و محیط برنامه‌ریزی Foxpro تواماً استفاده شده است. از نرم افزار EMME/ جهت انجام فرآیند تخصیص ترافیک که بر پایه تعادل می‌باشد استفاده گردیده است. همچنین اطلاعات مربوط به مسیرهای استفاده شده و کمانهای موجود در کوتاهترین مسیر بین زوج مبدا- مقصد مقصدها در نرم افزار EMME/ بدست می‌آیند. از محیط برنامه‌نویسی فاکس‌پرو نیز جهت انجام یکسری محاسبات مربوط به پوشش مبدا- مقصد، تهیه و ایجاد بانکهای اطلاعاتی مربوط به مسیرها و کمانهای کوتاهترین مسیر استفاده شده است.

4- اجرای روش روی شبکه شهر مشهد

در این قسمت جهت نشان دادن کارایی الگوریتم مورد استفاده، آنرا بر روی شبکه شهر مشهد که یک شبکه با مقیاس بزرگ تلقی می‌گردد اجرا می‌کنیم. شبکه شهر مشهد دارای 2430 کمان و 1048 گره می‌باشد. از 1048 گره، 163 گره آن مرکز ناحیه می‌باشد که به عنوان مبدا و مقصد عمل می‌نماید [3]. همچنین تعداد زوج مبدا- مقصدهای موثر (غیر صفر) 7293 زوج مبدا- مقصد می‌باشد [4]. شبکه شهر مشهد در شکل (3) نشان داده شده است [5].



شکل (3). شبکه شهر مشهد

همانطور که در قبل گفته شد روش پیشنهادی برای 5 حالت قابل اجرا می‌باشد. در این مقاله روش مذکور برای دو حالت ذیل پیاده‌سازی و روی شبکه شهر مشهد اجرا می‌گردد:

حالت اول: در اینحالت کمانهای بهینه برای شمارش حجم از بین تمامی کمانهای شبکه شهر مشهد (2430 کمان) بدست می‌آیند. (حالت «الف» الگوریتم).

حالت دوم: در اینحالت کمانهای بهینه برای شمارش حجم از بین یک مجموعه کمانهای منتخب (212 کمان) که از قبل تعیین شده‌اند بدست می‌آیند. (حالت «ج» الگوریتم).

در ادامه نتایج حاصل از اجرای روش پیشنهادی در دو حالت فوق ارایه شده است.

4-1- نتایج حاصل از اجرای روش تعیین کمانهای بهینه در حالت اول

نتایج حاصل از اجرای روش برای پیدا کردن 120 کمان بهینه از بین کلیه کمانهای شبکه شهر مشهد در جدول (1) ارایه شده است. در این جدول کمانهای بهینه به ترتیب اولویت مرتب شده‌اند و در هر ردیف گره ابتدا، گره انتها، تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده و تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داده شده توسط هر کمان و همچنین درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای بهینه در هر ردیف ارایه شده است.

همانطور که در این جدول دیده می‌شود، 120 کمان بهینه بیش از 90 درصد زوج مبدا- مقصدها را پوشش می‌دهند.

چنانچه رسیدن به درصد پوشش بیشتری از زوج مبدا- مقصدها مد نظر باشد و یا بودجه جهت شمارش حجم بر روی کمانهای بیشتری در دسترس می‌باشد، می‌توان اجرای روش را برای یافتن کمانهای بهینه بیشتری ادامه داد. شکل‌های (4) و (5) نتایج حاصله در این وضعیت را نشان می‌دهند. شکل (4) میزان درصد پوشش‌دهی زوج مبدا- مقصدها توسط کمانهای بهینه و شکل (5) نیز تعداد زوج مبدا- مقصدهای پوشش داده شده توسط کمانهای بهینه را ارایه می‌دهند.

جدول (1). لیست کمانهای بهینه جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت اول).

ردیف	گره ابتدا	گره انتها	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داد شده توسط هر کمان	درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای انتخاب شده
1	441	3401	465	465	6.4
2	1002	3101	456	448	12.5
3	352	351	345	330	17.1
4	307	249	435	300	21.2
5	3401	441	328	297	25.3
6	469	549	298	257	28.8
7	211	212	361	255	32.3
8	3204	695	334	240	35.6
9	505	1215	335	214	38.5
10	584	585	222	178	40.9
11	386	387	308	152	43.0
12	486	485	215	150	45.1
13	660	676	229	150	47.1
14	538	539	229	139	49.0
15	223	222	236	134	50.9
16	217	218	235	112	52.4
17	205	212	290	108	53.9
18	3210	3205	173	96	55.2
19	222	277	174	90	56.4
20	677	662	250	88	57.7
21	522	3304	222	86	58.8
22	249	307	219	82	60.0
23	247	1208	246	77	61.0
24	475	476	246	77	62.1
25	358	2007	209	72	63.1
26	437	387	215	69	64.0
27	305	306	217	68	64.9
28	3203	693	249	63	65.8

جدول (1). لیست کمانهای بهینه جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت اول) (ادامه 1).

ردیف	گره ابتدا	گره انتها	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داد شده توسط هر کمان	درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای انتخاب شده
29	347	299	321	60	66.6
30	223	250	116	59	67.4
31	835	834	170	58	68.2
32	485	486	218	54	69.0
33	411	447	202	52	69.7
34	544	581	143	51	70.4
35	3104	3113	133	48	71.0
36	834	835	173	41	71.6
37	512	460	223	37	72.1
38	1203	238	132	37	72.6
39	2001	3102	126	37	73.1
40	423	362	97	35	73.6
41	426	372	176	35	74.1
42	391	392	277	33	74.5
43	391	3362	290	32	75.0
44	468	469	185	32	75.4
45	768	765	137	31	75.8
46	220	208	355	30	76.2
47	505	577	185	30	76.7
48	527	481	102	30	77.1
49	765	768	84	28	77.5
50	262	293	100	27	77.8
51	544	510	118	27	78.2
52	372	426	80	25	78.5
53	2029	449	96	25	78.9
54	261	337	160	23	79.2
55	315	317	100	23	79.5
56	659	676	215	23	79.8

جدول (1). لیست کمانهای بهینه جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت اول) (ادامه 2).

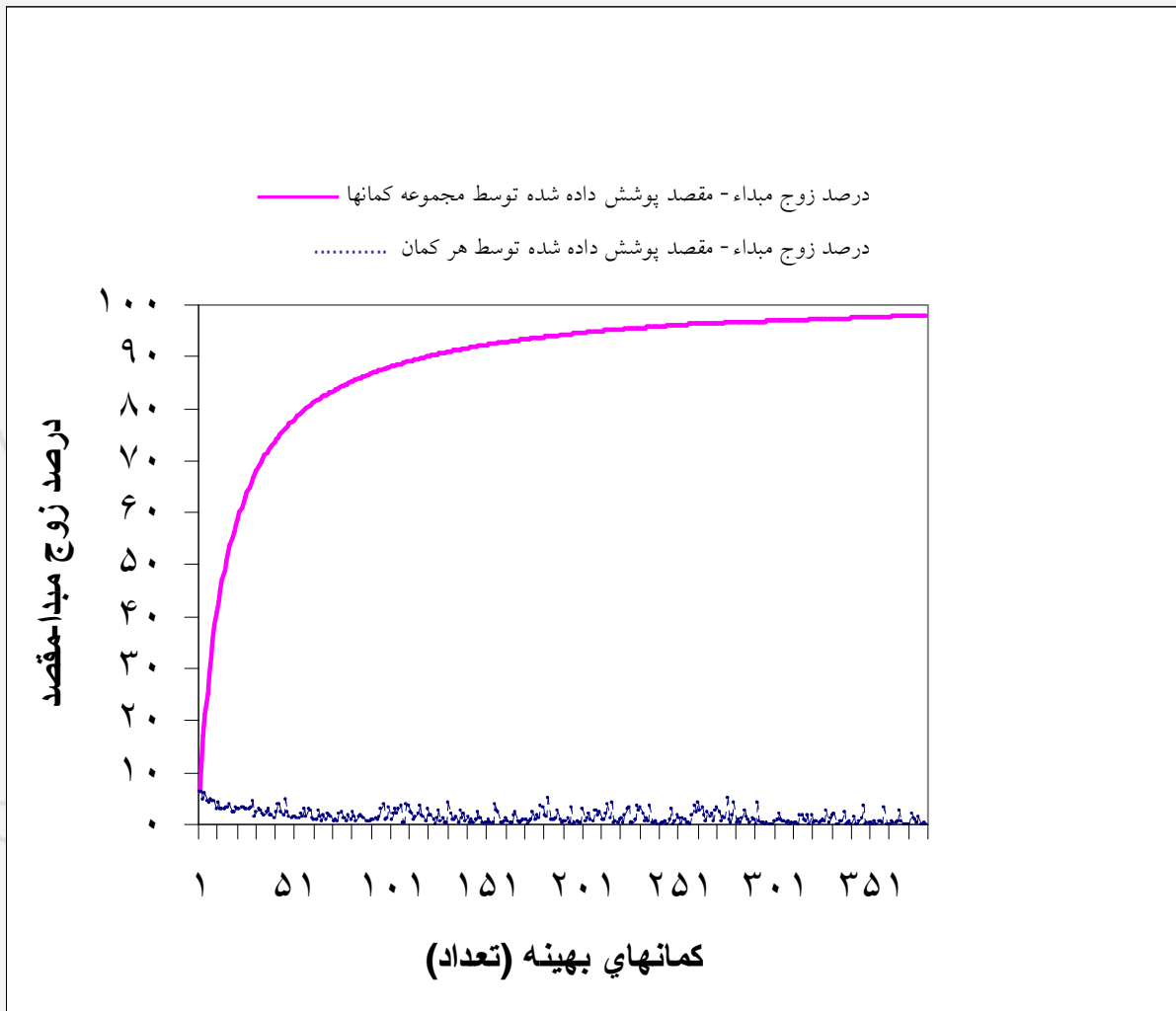
درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای انتخاب شده	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داد شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	گره انتها	گره ابتدا	ردیف
80.1	23	110	2058	704	57
80.4	22	212	2021	422	58
80.7	21	201	355	305	59
81.0	21	98	392	393	60
81.3	19	71	238	236	61
81.5	19	56	474	475	62
81.8	19	207	544	581	63
82.0	18	116	725	1245	64
82.3	17	35	373	374	65
82.5	16	132	431	432	66
82.7	15	75	1274	256	67
82.9	15	161	374	373	68
83.1	15	141	627	601	69
83.3	14	112	458	459	70
83.5	14	52	466	467	71
83.7	14	63	497	498	72
83.9	14	51	559	528	73
84.1	14	148	883	872	74
84.3	13	165	222	210	75
84.4	13	86	370	369	76
84.6	13	80	457	455	77
84.8	13	38	2039	483	78
85.0	13	134	601	627	79
85.1	13	61	695	709	80
85.3	13	170	734	735	81
85.5	12	103	261	235	82
85.7	12	39	555	524	83
85.8	12	114	814	776	84
86.0	11	137	205	206	85

جدول (1). لیست کمانہای بہینہ جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت اول) (ادامہ 3).

ردیف	گرہ ابتدا	گرہ انتہا	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داد شده توسط هر کمان	درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانہای انتخاب شده
86	327	385	113	11	86.1
87	392	393	93	11	86.3
88	522	2042	48	11	86.4
89	590	552	50	11	86.6
90	734	735	54	11	86.7
91	327	2008	64	10	86.9
92	405	2028	63	10	87.0
93	420	464	84	10	87.1
94	673	882	59	10	87.3
95	704	705	118	10	87.4
96	217	216	210	9	87.5
97	232	1272	291	9	87.7
98	280	279	60	9	87.8
99	366	364	78	9	87.9
100	475	2027	235	9	88.0
101	495	496	66	9	88.1
102	506	453	156	9	88.3
103	3001	3003	211	9	88.4
104	219	248	159	8	88.5
105	267	242	217	8	88.6
106	578	577	260	8	88.7
107	706	726	28	8	88.8
108	2009	332	16	8	88.9
109	201	205	284	7	89.0
110	274	248	261	7	89.1
111	304	305	173	7	89.2
112	349	348	145	7	89.3
113	357	417	59	7	89.4
114	358	2021	110	7	89.5

جدول (1). لیست کمانهای بهینه جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت اول) (ادامه 4).

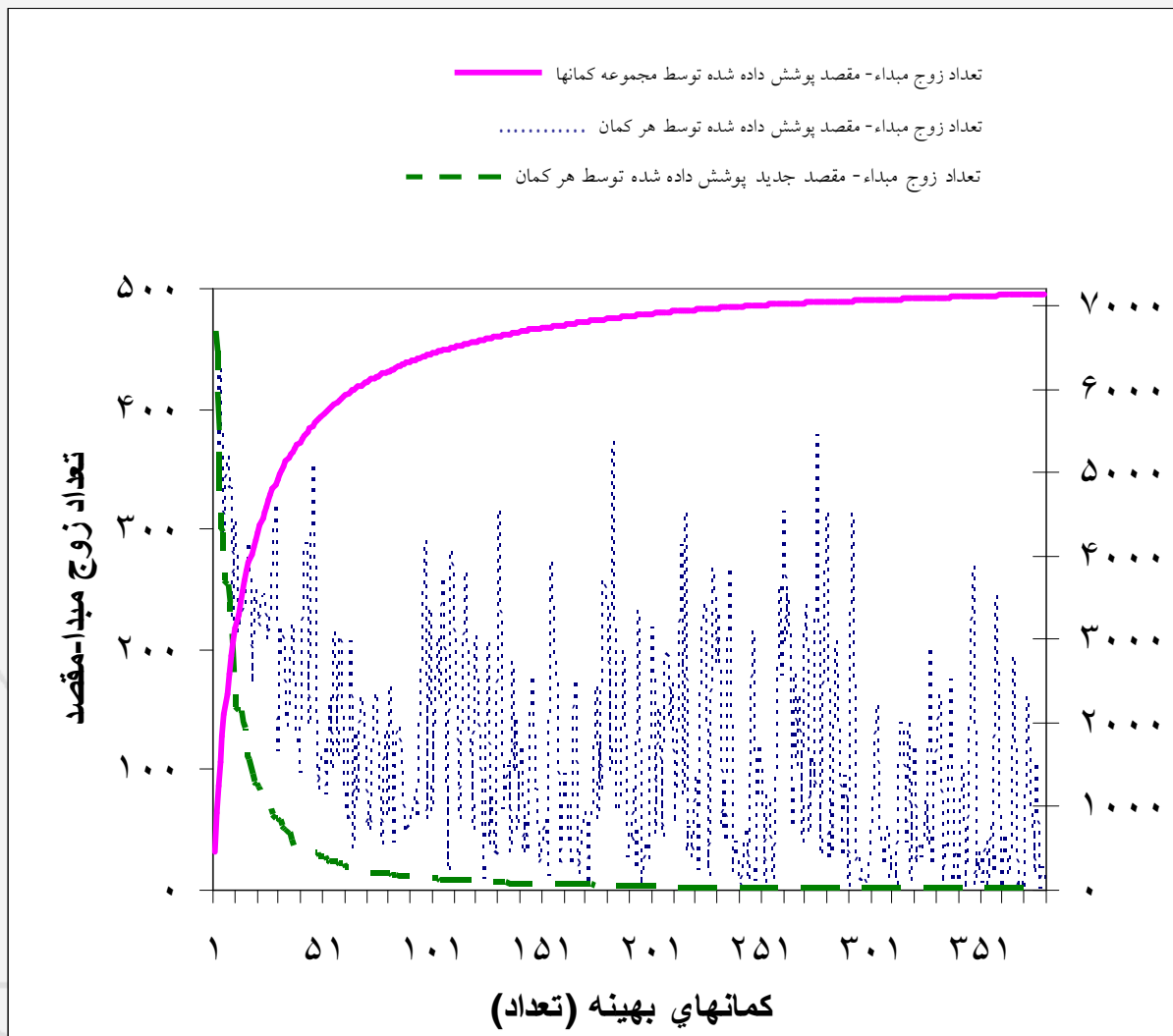
ردیف	گره ابتدا	گره انتها	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داد شده توسط هر کمان	درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای انتخاب شده
115	453	506	164	7	89.6
116	469	2027	265	7	89.7
117	580	542	135	7	89.8
118	773	772	103	7	89.9
119	780	783	50	7	90.0
120	205	201	212	6	90.1



شکل (4). میزان درصد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط مجموعه کمانهای بهینه.

همانطور که در شکل (4) دیده می شود با تعداد 380 کمان می توان تقریباً تمامی زوج مبدا- مقصدها را پوشش داد.

در شکل (5) اطلاعات مربوط به پوشش دهی زوج مبدا- مقصدها در سه حالت نشان داده شده است. خط قرمز کل پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای بهینه را نشان می دهد، خط سبز تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داده شده توسط هر کمان را ازایه می کند و خط چین آبی نشان می دهد که هر کمان به تنهایی چه تعداد زوج مبدا- مقصد را پوشش می دهد.



شکل (5). تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط کمانهای بهینه در حالت اول.

در این شکل به خوبی دیده می گردد که کمانهای ابتدایی تأثیر بسیار زیادی در پوشش زوج مبدا- مقصدها دارند بطوریکه بیشترین پوشش زوج مبدا- مقصدها توسط این کمانها حاصل می گردد. بعنوان نمونه همانطور که دیده می شود تنها 10 کمان ابتدایی 41 درصد از زوج مبدا- مقصدها را

پوشش می دهند (تعداد زوج مبداء - مقصد). این مقدار برای 20 کمان ابتدایی 57/5% (یعنی تعداد 4203 زوج مبداء - مقصد) می باشد. به عبارت دیگر 10 کمان دوم (یعنی کمانهای شماره 11 تا 20) توانسته اند 16/5% به پوشش زوج مبداء - مقصدها اضافه کنند. چنانچه 10 کمان آخر را مورد نظر قرار دهیم (کمانهای 371 تا 380) ملاحظه می گردد که این 10 عدد کمان تنها به مقدار 0/1 درصد (10 زوج مبداء - مقصد) به پوشش زوج مبداء - مقصدها می افزایند. با نگاهی به خط چین آبی در این شکل که تعداد پوشش زوج مبداء - مقصدها را توسط هر کمان (به تنهایی) نشان می دهد، ملاحظه می گردد که برخی از کمانها به تنهایی تعداد زوج مبداء - مقصد نسبتاً زیادی را پوشش می دهند، لیکن در پوشش زوج مبداء - مقصدهای جدیدی که توسط کمانهای قبل پوشش داده نشده اند ضعیف عمل می کنند. بعنوان نمونه کمانهای شماره 183 و 276 هر کدام به تنهایی به ترتیب 374 و 379 زوج مبداء - مقصد را پوشش می دهند ولی هر کدام از این کمانها به ترتیب 3 و 1 زوج مبداء - مقصد جدید به لیست زوج مبداء - مقصدهای پوشش داده شده اضافه می کنند و به عبارت دیگر هر کدام به ترتیب مقدار 0/04% و 0/01% به پوشش زوج مبداء - مقصدها کمک می کنند. همچنین با توجه به خط سبز در این شکل دیده می شود که از حدود کمان شماره 150 به بعد میزان افزایش در پوشش زوج مبداء - مقصد بسیار کم و ناچیز می باشد.

4-2- نتایج حاصل از اجرای روش تعیین کمانهای بهینه در حالت دوم

در اینحالت پیدا کردن کمانهای بهینه از میان یک مجموعه کمان موجود مد نظر است. در شهر مشهد برای 212 کمان شبکه امکان شمارش حجم نسبت به بقیه کمانها آسان تر و کم هزینه تر است. حال می خواهیم کمانهای بهینه برای شمارش حجم را از میان این 212 کمان به نحوی انتخاب کنیم که حداقل 80% زوج مبداء - مقصدها پوشش داده شوند.

نتایج حاصل از اجرای روش برای حالت فوق (حالت «ج» الگوریتم) در جدول (2) و در شکل (6) نشان داده شده است. در جدول (2) کمانهای بهینه ای که از مجموعه 212 کمان اولیه انتخاب شده اند، به ترتیب اولویت پوشش دهی زوج مبداء - مقصد مرتب شده اند. در هر ردیف در این جدول، گره ابتدا، گره انتها، تعداد زوج مبداء - مقصد پوشش داده شده و تعداد زوج مبداء - مقصد جدید پوشش داده شده توسط هر کمان و همچنین درصد پوشش زوج مبداء - مقصد توسط مجموعه کمانهای بهینه در هر ردیف ارایه شده است. همانگونه که در این جدول دیده می شود 77 کمان برای رسیدن به پوشش 80% زوج مبداء - مقصد مورد نیاز است. حال اگر روش را برای پیدا کردن کمانهای بهینه بیشتر اجرا کنیم (تا سقف 212 کمان) نتایج بدست آمده در شکل (6) حاصل خواهد شد. در این شکل (همانند شکل (5)) اطلاعات مربوط به پوشش دهی زوج مبداء - مقصدها توسط کمانهای بهینه (از میان مجموعه 212 کمان) ارایه شده است.

جدول (2). لیست کمانهای بهینه جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت دوم).

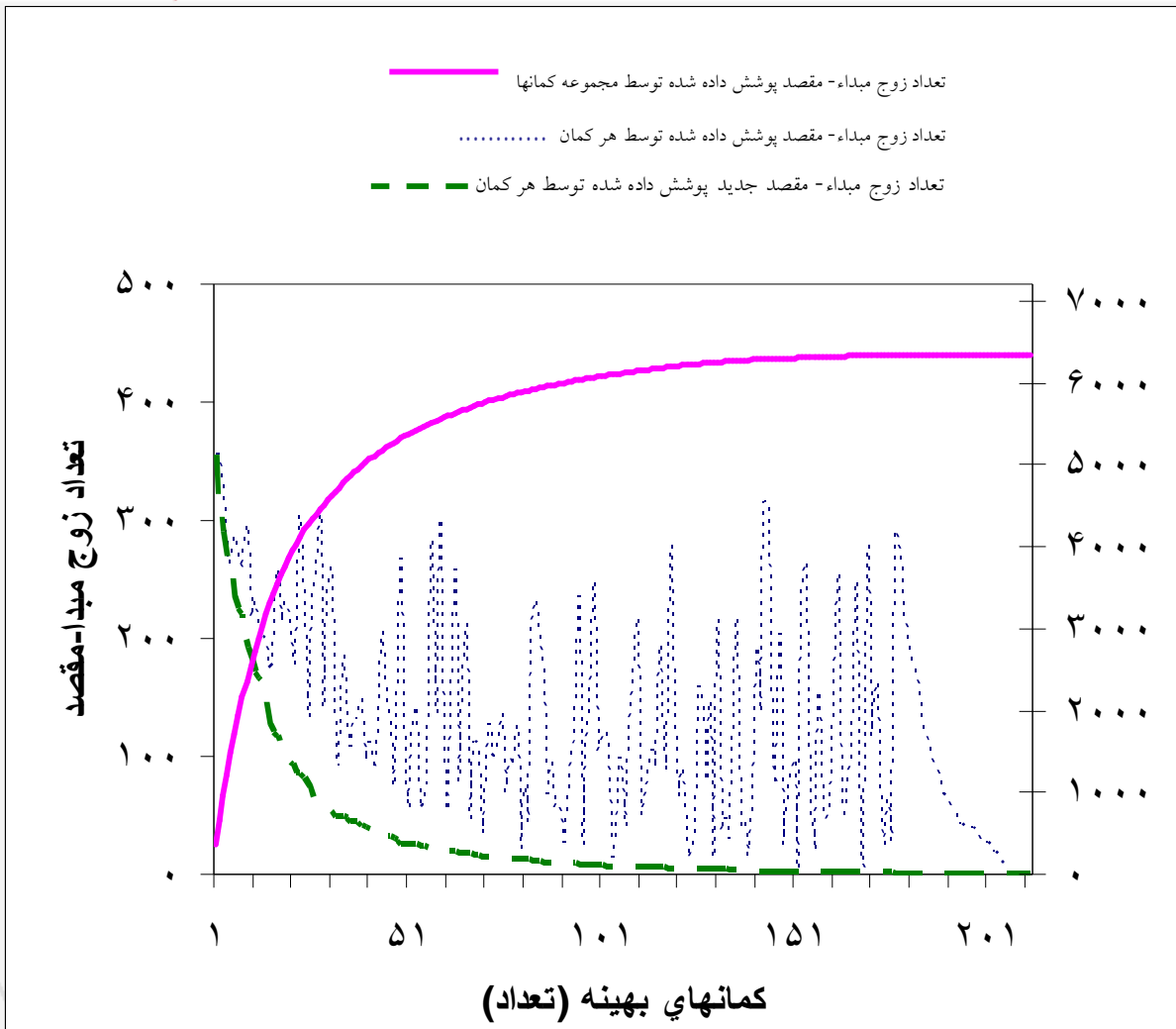
ردیف	گره ابتدا	گره انتها	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داده شده توسط هر کمان	درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای انتخاب شده
1	1011	549	356	356	4.9
2	220	208	355	310	9.2
3	692	676	326	290	13.1
4	549	1011	268	266	16.8
5	676	692	264	260	20.3
6	222	223	288	235	23.6
7	299	298	268	226	26.7
8	292	235	259	221	29.7
9	282	250	297	192	32.3
10	486	1004	218	182	34.8
11	2059	3001	231	171	37.2
12	3351	437	199	167	39.5
13	305	355	201	162	41.7
14	3001	2059	198	147	43.7
15	222	277	174	127	45.4
16	3367	605	178	120	47.1
17	218	247	259	117	48.7
18	1004	486	215	103	50.1
19	2021	358	232	101	51.5
20	537	538	219	99	52.8
21	468	469	185	93	54.1
22	235	292	178	86	55.3
23	585	584	304	85	56.5
24	584	585	222	82	57.6
25	3113	3114	133	75	58.6
26	217	218	235	64	59.5
27	437	3351	254	63	60.4
28	420	358	306	58	61.1

جدول (2) لیست کمانهای بهینه جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت دوم) (ادامه 1).

ردیف	گره ابتدا	گره انتها	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داده شده توسط هر کمان	درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای انتخاب شده
29	392	337	141	55	61.9
30	222	249	238	54	62.6
31	578	577	260	54	63.4
32	392	393	93	50	64.1
33	537	574	92	49	64.7
34	577	578	185	49	65.4
35	3310	425	125	47	66.1
36	768	770	108	44	66.7
37	770	768	133	44	67.3
38	1203	238	132	44	67.9
39	3109	3110	149	41	68.4
40	423	362	97	40	69.0
41	441	404	113	38	69.5
42	2038	481	89	38	70.0
43	297	345	124	32	70.5
44	581	544	207	32	70.9
45	872	883	148	32	71.3
46	362	423	127	31	71.8
47	1274	231	75	30	72.2
48	588	518	126	29	72.6
49	345	297	268	26	72.9
50	474	475	75	26	73.3
51	290	261	55	25	73.6
52	301	350	114	25	74.0
53	544	581	143	25	74.3
54	475	474	56	24	74.6
55	673	882	59	24	75.0
56	3359	568	77	23	75.3
57	201	205	284	22	75.6

جدول (2). لیست کمانهای بهینه جهت شمارش حجم در شبکه شهر مشهد به ترتیب اولویت از لحاظ پوشش بیشترین تعداد زوج مبدا- مقصد (حالت دوم) (ادامه 3).

ردیف	گره ابتدا	گره انتها	تعداد زوج مبدا- مقصد پوشش داده شده توسط هر کمان	تعداد زوج مبدا- مقصد جدید پوشش داده شده توسط هر کمان	درصد پوشش زوج مبدا- مقصد توسط مجموعه کمانهای انتخاب شده
58	206	205	137	20	75.9
59	355	305	301	20	76.1
60	878	877	104	20	76.4
61	481	2038	54	19	76.7
62	580	542	135	19	76.9
63	2027	469	258	19	77.2
64	837	838	80	18	77.4
65	608	573	167	17	77.7
66	695	1281	213	17	77.9
67	3301	552	47	17	78.1
68	236	235	112	16	78.4
69	358	420	109	16	78.6
70	433	483	35	15	78.8
71	694	693	58	15	79.0
72	3004	680	128	15	79.2
73	250	282	100	14	79.4
74	358	2021	110	14	79.6
75	768	765	137	14	79.8
76	238	1203	70	13	79.9
77	680	3004	99	13	80.1



شکل (6). تعداد زوج مبداء- مقصد پوشش داده شده توسط کمانهای بهینه در حالت دوم.

با توجه به شکل (6) ملاحظه می‌گردد که کل 212 کمان قادر است 86/8 درصد مبداء-مقصدها (6332 زوج مبداء- مقصد) را پوشش دهد.

نکته قابل توجه دیگر آنکه از کمان 177 به بعد هیچ زوج مبداء - مقصد جدیدی پوشش داده نمی-شود به عبارت دیگر کمانهای 177 تا 212 هیچ نقشی در اضافه کردن پوشش زوج مبداء- مقصدها ندارند. همانند قبل در این شکل نیز به خوبی دیده می‌شود که کمانهای ابتدایی نقش بسیار بسزایی در پوشش زوج مبداء- مقصد دارند.

5- نتیجه گیری

در این مقاله مسئله پیدا کردن کمانهای بهینه (حداقل کمانها) جهت شمارش حجم برای برآورد (تصحیح) ماتریس مبدا- مقصد مورد بررسی قرار گرفته است و برای حل مسئله مذکور روشی ارایه گردیده است. الگوریتم ارایه شده در این مقاله کارایی لازم جهت اجرا در شبکه‌های واقعی با مقیاس بزرگ (و خیلی بزرگ) را دارد. ویژگی مهم الگوریتم ارایه شده پوشش ماکزیمم عناصر ماتریس مبدا- مقصد با مینی موم تعداد کمانهای شمارش حجم می‌باشد. جهت پیاده‌سازی روش پیشنهادی از نرم- افزارهای EMM/ و Foxpro توأم استفاده شده است. سپس روش در 5 حالت مختلف به شرح ذیل پیاده‌سازی گردیده است:

حالت الف) این حالت، همان حالت معمولی است که کمانهای بهینه از بین کل مجموعه کمانهای شبکه انتخاب می‌گردند.

حالت ب) از قبل چند کمان شمارش حجم شده‌اند و یا بدلائل دیگری می‌بایستی در مجموعه کمانهای بهینه قرار داشته باشند.

حالت ج) بر اساس یکسری اطلاعات قبلی و یا تحقیقاتی، یک مجموعه‌ای از کمانها بعنوان کاندید انتخاب شده‌اند (مجموعه B) که BCA و باید کمانهای بهینه از بین مجموعه B محاسبه شود.

حالت د) بر اساس یک مطالعه قبلی و یا مشاهداتی، پوشش تمامی زوج مبدا- مقصدها مورد توجه نیست و فقط پوشش زیر مجموعه‌ای از آنها مد نظر است (OCI، O زوج مبدا- مقصدهایی که پوشش آنها توسط کمانهای شمارش حجم مورد توجه است)

حالت ه) ترکیبی از حالت (ج) و (د)

جهت نشان دادن کارایی روش در شبکه‌های بزرگ، الگوریتم پیشنهادی برای شبکه شهر مشهد (دارای 2430 کمان، 1048 گره و 163 مرکز ناحیه) برای حالت‌های الف) و ج) اجرا گردیده است. اجرای روش تعیین کمانهای بهینه برای شهر مشهد توانست 120 کمان بهینه برای انجام شمارش حجم را مشخص کند بطوریکه با این 120 کمان می‌توان بیش از 90% زوج مبدا- مقصدها را پوشش داد.

مراجع:

1. Spiess H, "A Gradient Approach for the O-D Matrix Adjustment Problem", University of Montreal Publication No. 1
- 2- محمودآبادی، مهدی؛ "تصحیح ماتریس مبدا- مقصد با اطلاعات شمارش حجم"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، شهریورماه 1378.
- 3- مهندسین مشاور بهین تردد، " بهنگام‌سازی مطالعات حمل‌ونقل مشهد (مرحله سوم)", مهر 1380.



- 4- مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل، "مدل تخصیص ترافیک و عملکرد سیستم حمل و نقل شهر مشهد در سال 1373"، مطالعات جامع حمل و نقل مشهد، گزارش شماره 74-09 ممتحن، دانشگاه صنعتی شریف، آبان 1376.
- 5- مرکز مطالعات و تحقیقات حمل و نقل "شبکه خیابانی شهر مشهد"، مطالعات جامع حمل و نقل مشهد، گزارش 10-74 دانشگاه صنعتی شریف 1374.