

# Замын хөдөлгөөний статистик гаргах компьютер загвар

Б. Долгорсүрэн, Ц. Ганбат  
 Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, КТМС  
 Мэдээллийн Системийн Профессорын Баг  
[b.dolgorsuren@csms.edu.mn](mailto:b.dolgorsuren@csms.edu.mn)

*Хураангуй*—Хотын автозам, автомашин, гэрлэн дохион удирдлага нь нийтийн үйлчилгээний нийлмэл систем болох бөгөөд гадаад улс оронд замын автомашины хөдөлгөөний статистикийг гаргахад тусгай зориулалтын загварчлалын програм хангамжийг ашигладаг юм.

Манай хотын хувьд Улаанбаатар хотын замын хөдөлгөөнийг хянах болон гэрлэн дохиог удирдах Солонгос улсын програм хангамж, зам доороос автомашиныг тоолох, хурд хэмжих loop detection төхөөрөмж, мөн Герман улсын загварчлалын програм хангамж зэргийг Замын Хөдөлгөөний Удирдлагын Төвд (ЗХУТ) хэрэглэж байна.

Бидний энэ өгүүлэл нь өнөө үед ЗХУТ-д хэрэглэж буй програм хангамжид гаргахад төвөгтэй зарим статистикийг тусгай зориулалтын загварчлалын програм ашиглалгүйгээр гаргах компьютер загвар боловсруулах, түүнийгээ ЗХУТ-ийн хөдөлгөөний бүртгэл дээр тулгуурлан компьютерийн симуляци хийж турших, түгжрэлийн олон үзүүлэлтийн статистик гаргахад чиглэгдэж байгаа юм.

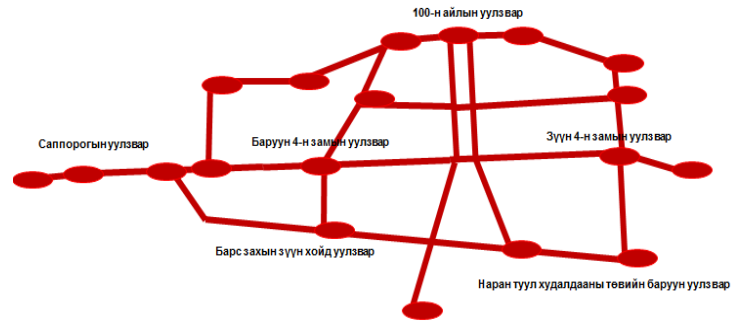
Судалгааны ажлын үр дүнг гэрлэн дохионы ухаалаг удирдлагын програм хангамж хөгжүүлэхэд ашиглах юм.

*Түлхүүр үгс*—Автозамын түгжрэл, статистик, гэрлэн дохио, компьютерын загварчлал, загвар, симуляци, ухаалаг гэрлэн дохио

## I. УДИРТГАЛ

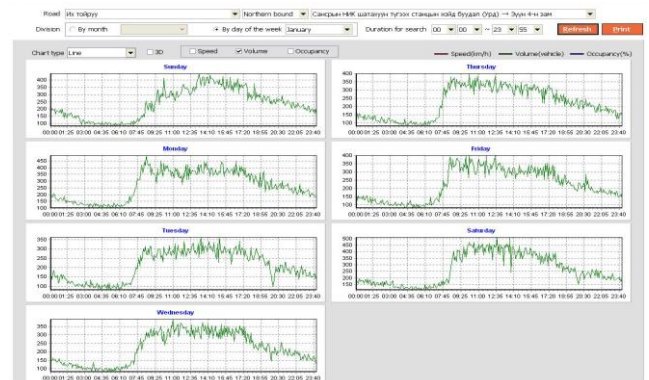
Өдөрт 300-400 машиныг бүртгэж улсын дугаар олгож байна гэж Автотээврийн Газраас (АТГ) мэдээлж байгаа бол Замын Цагдаагийн Газраас (ЗЦГ) нийслэлд 300,000 гаруй машин бүртгэлтэй байдаг бөгөөд хөдөлгөөнд орж буй машинуудын 70% байнга түгжрэлд ордог гэж тооцоолсон байна.

Замын түгжрэл гэдэг нь тээврийн хэрэгслийн тоо өссөнөөр автозамын сүлжээнд бий болж буй хөдөлгөөний хурд удаашрах, автомашины үргэлжилсэн дараалал үүсэх үйл явц юм. ЗХУТ-ийн ашиглаж буй програм нь хөдөлгөөний дундаж хурд 10км/цагаас бага болоход замын түгжрэл үүслээ гэж үздэг бөгөөд бид энэ үзүүлэлтийг загварчлалдаа ашиглаж байна. Манай нийслэлийн хувьд автозамын сүлжээ эмзэг учраас өглөө орой ажил эхлэх дуусах цаг, тодорхой үйл явдал, автозамын осол зэргээс хамааран хөдөлгөөний түгжрэл үүсдэг дараах гол гол уулзварууд байдаг. Зураг №1 харна уу. ЗХУТ болон холбогдох байгууллагуудаас түгжрэлийг багасгахын тулд техник технологийн болон дүрэм журам дэгийн олон арга хэмжээ авч туршиж байна.



Зураг №1. Улаанбаатар хотын түгжрэл үүсдэг томоохон уулзварууд

ЗХУТ-ийн хөдөлгөөний бүртгэлээс гаргаж буй мэдээ мэдээлэл тайлангууд нь холбогдох програмаас график зурган болон excel файл хэлбэрээр гардаг. Эдгээр тайлан нь жилээр, долоо хоногоор мөн уулзвар тус бүрээр сонгон гардаг бөгөөд тодорхой мэдрэгч төхөөрөмж суурилагдсан уулзваруудаар нэвтрэн өнгөрч буй автомашины тоо болон хурдыг тодорхой цагын үечлэлтэйгээр гаргаж харуулсан байдаг.



Зураг №2. ЗХУТ-өөс гаргадаг тайлан

## II. СУДАЛГАА

### A. Судалгааны үндэслэл

Замын хөдөлгөөний ачааллыг бууруулах зорилгоор автомашиныг улсын дугаараас нь хамааруулж хөдөлгөөнд орохыг нь хязгаарлах шийдвэрийг 2012 оны

8-р сарын 27-ноос эхлэн мөрдөж эхлэсэн бөгөөд энэхүү шийдвэр гарсанаар хөдөлгөөний түгжрэлийн хэмжээг ойролцоогоор 20%-аар буурна гэж албаны хүмүүс тооцоолсон. Тэгвэл бид гаргасан загвараа ашиглан энэхүү журмыг мөрдөхөөс өмнө болон хойшхи мэдээллүүдийг харьцуулан түгжрэл хэдэн хувиар багассаныг тодорхойллоо. Мөн түгжрэл их үүсдэг гол гол уулзвар тус бүрээр хэдэн хувь буурсаныг харуулахыг зорилоо.

Гараг	Дугаарын сүүлийн тоо	Автомашинны тоо	Нийт машин	Түгжрэл буурах хувь
Даваа	1	29931	60446	19.6
	6	30515		
Мягмар	2	30088	60432	19.5
	7	30344		
Лхагва	3	30182	62381	20.3
	8	32199		
Пүрэв	4	29979	62092	20.1
	9	32113		
Баасан	5	30832	62375	20.2
	0	31543		
<b>Нийт</b>		307726	307726	19.94

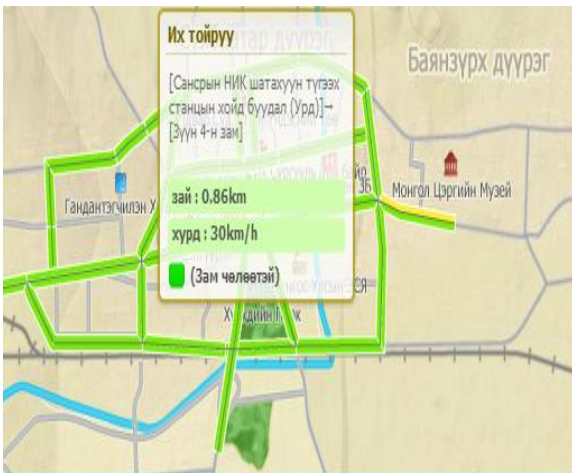
Хүснэгт №1. Нийслэлийн автомашины түгжрэл буурах урьдчилсан тооцоо

**В. Судалгааны хамрах хүрээ**

Сансарын тунелээс зүүн дөрвөн зам хүртэлх 0,86 км урттай 3 эгнээ бүхий нэг урсгалтай зам дээр тулгуурлан ЗХУТ-өөс авсан мэдээлэл дээр үндэслэн

1. Хязгаарлалт хийгдэхээс өмнө/2011-09 сар/
2. Хязгаарлалт хийгдэсний дараа /2012-09 сар/

замын эрчим, замын түгжрэлийг хурд, багтаамж, түгжрэлийн хувийг тодорхойлох компьютерийн загварчлалын програм боловсруулж түүний тусламжтайгаар бусад уулзвар дээр симуляци хийх боломжтой юм.



Зураг №3. Туршилт хийх уулзвар

Автозамын багтаамжид автомашины овор хэмжээ хамаатай байдаг. Дараах байдлаар тээврийн хэрэгсэлийн овор хэмжээг ангилдаг. Үүнийг бид загварчлалдаа ашигласан.

Ангилал	Урт (метр)	Өргөн(метр)
A	3.6	1.6
B	3.9	1.7
C	<b>4.3</b>	<b>1.7</b>
D	4.6 хүртэл	1.7
E	5 хүртэл	1.7
F	5 дээш	1.7

Хүснэгт №2. Тээврийн хэрэгсэлийн оврын хэмжээний ангилал

Гэрлэн дохионы горим нь тухайн зам уулзвар бүрт ялгаатай мөн өдрийн тодорхой цагуудад мөн ялгаатайгаар зохицуулагддаг. Бидний сонгож авсан уулзваруудын гэрлэн дохио дараах горимоор ажилладаг байна.

Цаг	1-р үе	2-р үе	3-р үе
06-09	25	35	40
09-16	16	50	54
16-22	16	50	54

Ногоон	40'	16'
Шар	25'	50'
Улаан	35'	54'

Хүснэгт №3. Зүүн дөрвөн замын уулзварын гэрлэн дохионы горим

**III. МАТЕМАТИК ЗАГВАР**

Автозамыг бид зорчих хэсгийн боломжит эгнээний тооноос хамаараад тэр тооны үйлчилгээний цэгтэй, мөн тооны автомашины дарааллаар үйлчлүүлдэг систем гэж үзлээ. Эхний loop detection (LD)-ээс эхлээд замаа туулаад эцсийн LD-д бүртгэгдэх хүртэл хугацаанд тухайн тээврийг манай системд үйлчлүүлсэн гэж үзнэ.

Энэхүү систем маань тасралтгүй систем бөгөөд зарим санамсаргүй нөлөөллүүдийг тусгаагүй байгуулсан тул детерминистик загвар болно.

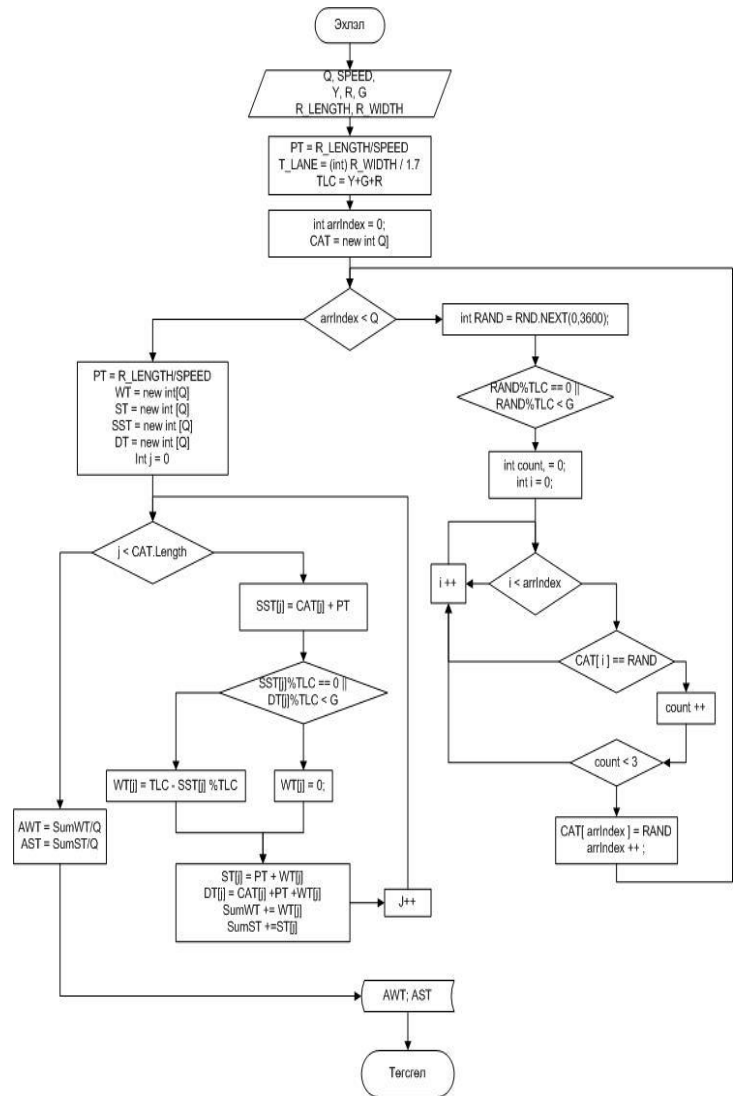
**А. Оролтын хувьсагчид**

- **Q** = flow rate (veh/hr) – нэг цагт тухайн цэгээр өнгөрөх тээврийн хэрэгсэлийн тоо
- **SPEED** = average travel speed (km/hr) - өнгөрч буй тээврийн хэрэгсэлүүдийн дундаж хурд
- **K** = density (veh/km) – хөдөлгөөний нягтралын хэмжээ
  - $K = Q/V$
- **T** – (Time) туршилтын хугацаа; 1 цаг = 3600секунд
- **Y** – (Yellow) шар гэрлэн дохионы асах секунд
- **R** – (Red) улаан гэрлэн дохионы асах секунд
- **G** – (Green) ногоон гэрлэн дохионы асах секунд
- **R\_WIDTH** – зорчих хэсгийн өргөн
- **R\_LENGTH** – туулах замын урт

В. Тэнцэтгэлүүд

- **R\_LANE** – замын эгнээний тоо
- **R\_LANE = R\_WIDTH/1.7**
- **TLC** – (Traffic Light Cycle) нь гэрлэн дохионы солигдох 1 цикл /секундээр/
  - **TLC = Y+R+G**
- **CAT** (Cumulate Arrival Time) – тээврийн хэрэгсэлүүд эхний LD-д орж ирэх хугацаа /Дараах 2 зүйлээс хамаарна/
  - CAT –ийн давхцал буюу нэгж агшинд орж ирэх машины тоо замын эгнээнээс хамаарч дараах томъёогоор бодогдоно. **Count(CAT) <= R\_LANE**
  - CAT нь санамсаргүй хэмжигдэхүүн байх боловч энэ нь НОГООН гэрлийн асах интервалд байх ёстой. **Rand(0,3600) % TLC > R**
- **PT** – (Pass Time) машинуудын эхний цэгт байрласан LD-ээс эцсийн цэгт байрлах LD-хүртэлх зайг туулах хугацаа
  - **PT = R\_LENGTH/SPEED**
- **WT** – (Waiting time) машинуудын хүлээх хугацаа **F4** тархалттайгаар
  - $WT = \begin{cases} 0 & \text{if } (PT \% TLC < R) \\ TLC - PT \% TLC & \text{else} \end{cases}$
- **ST** – (Service Time) нь тухайн замыг туулаад хүлээд үүссэн бол эцсийн цэгт байрлах LD-д бүртгэгдэх хугацаа
  - **ST = PT + WT**
- **SST** – (Service Stop Time) нь уулзварын төгсгөлд ирэх хугацаа
  - **SST = CAT + PT**
- **DT** – (Depart Time) – системийг орхисон хугацаа
  - **DT = CAT + PT + WT**
- **QL** – (Queue Length) нь ногоон гэрлэн дохио астал эсвэл замын ачаалал хэт ихэссэн тохиолдолд дарааллын урт үүснэ. **R\_LANE** буюу эгнээний тоотой тэнцүү тооны дараалалд тодорхой машины тоогоор дарааллын урт бий болно.

IV. КОМПЬЮТЕР ЗАГВАР



Зураг №4. Компьютер загвар

С. Гаралтын хувьсагчид

- **AWT** – (Average Waiting Time) – хүлээлтийн дундаж хугацаа
- **AST** – (Average Service Time) – тухайн замаар нэвтрэн өнгөрөх машины дундаж хугацаа
- **DP** – (Destiny Percent) - түгжрэлийн хувь

V. ПРОГРАМ, СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Бид дээрх өөрсдийн боловсруулсан компьютер загвар дээр үндэслэн хөгжүүлсэн програмыг ЗХУТ-өөс авсан мэдээлэл дээр тулгуурлан дараах үр дүнг гаргаж авлаа. Замын хөдөлгөөнд оролцох тээврийн хэрэгсэлийн дугаарын хязгаарлалт хийгдсэнээр хойш ажлын өдрүүд болох 2012/09/10 - 2012/09/14, дугаарын хязгаарлалт хийхээс өмнө буюу өмнөх оны мөн үе болох 2011/09/12-2011/09/16 хүртэлх хоногуудыг сонгон авч өглөөний 00:80 – 09:00 цагийн хооронд Сансарын тунелээс Зүүн дөрвөн замын уулзвар хүртэлх замын автомашины хөдөлгөөний үр дүнг дараах хүснэгтүүдээр гаргалаа.

НОМ ЗҮЙ

	Огноо	Зорчсон машины тоо	Дундаж хурд	Хүлээлтийн дундаж хугацаа	Түүлсан дундаж хугацаа
Даваа	9/12/2011	1616	28	26	148
Мягмар	9/13/2011	1902	35	10	95
Лхагва	9/14/2011	1694	32	12	95
Пүрэв	9/15/2011	1766	31	8	115
Баасан	9/16/2011	1714	35	8	95

Хүснэгт №4 Дугаарын хязгаарлалт хийгдэхээс өмнөх үр дүн

	Огноо	Зорчсон машины тоо	Дундаж хурд	Хүлээлтийн дундаж хугацаа	Түүлсан дундаж хугацаа
Даваа	9/10/2012	1458	16	18	233
Мягмар	9/11/2012	1764	26	25	147
Лхагва	9/12/2012	1467	24	36	179
Пүрэв	9/13/2012	1610	24	37	180
Баасан	9/14/2012	1638	26	26	148

Хүснэгт №5 Дугаарын хязгаарлалт хийгдсэнээс хойшихи үр дүн

Бид дараах хүснэгтээр дээрх үр дүнгийн хүснэгтүүдээс гаргаж авсан статистик үзүүлэлтүүдийг харьцуулж дугаарын хязгаарлалттай гарагуудад автомашины тоо, дундаж хурд, хүлээлтийн дундаж хугацааны бууралтыг тоогоор болон хувиар харууллаа. Эцэст нь бууралтын хувьд + болон - (эерэг болон сөрөг) гэсэн үнэлгээ өгч дүгнэлт гаргахад ашигласан болно.

	Машины тоо		Дундаж хурд		Хүлээлтийн дундаж		
	тоо	хувиар	тоо	хувиар	тоо	хувиар	
Даваа	158	9.8	12	-75	8	-44.4444	+
Мягмар	138	7.3	9	-34.6	-15	60	-
Лхагва	227	13.4	8	-33.3	-24	66.66667	-
Пүрэв	156	8.8	7	-29.2	-29	78.37838	-
Баасан	76	4.4	9	-34.6	-18	69.23077	-
	+		-		-		-

Хүснэгт №6 Эцсийн үр дүн

VI. ДҮГНЭЛТ

Ийнхүү бид замын хөдөлгөөний түгжрэлийн хувь хэмжээ бодох статистик үзүүлэлтийг нарийн гаргах математик болон компьютерийн загваруудыг гаргаж симуляцийн програм хангамжийг боловсрууллаа. Эдгээрийн үр дүнд түгжрэлийн хэмжээ өмнөх оныхтой харьцуулахад буураагүй гэсэн үзүүлэлтүүд гарч байгаа учраас замын хөдөлгөөний ачааллыг бууруулах зорилготой дугаарын хязгаарлалтыг долоо хоногийн ачаалал, автомашины хөдөлгөөний чиглэлээс хамааруулан тогтоох нь оновчтой гэж үзэж байна. Үүнээс гадна замын ачаалалыг тооцоолоход автомашины тооноос хамааруулан авч үзэх нь зохимжтой биш бөгөөд өөр бусад нөлөөлөх олон хүчин зүйлс байдаг мөн зохицуулалт шаардлагатай гэж үзлээ.

- [1] Transportation Research Board Highway Capacity Manual, USA 2000
- [2] Kerner, The Physics of Traffic B.S. 2004
- [3] Ц. Ганбат “Системийн компьютерийн загварчлал” УБ. 2004
- [4] Edward Chung, “Transport simulation Beyond traditional approaches”, 2008
- [5] Juame Barcelo, “Fundamentals of Traffic Simulation”
- [6] Замын хөдөлгөөн судлалын хүрээлэн, “Монгол улсын замын хөдөлгөөний дүрэм”. 2006
- [7] Замын Хөдөлгөөний Удирдлагын Төв, “Замын хөдөлгөөний статистик тайлан”. 2011, 2012
- [8] ЗЦГ, АТГ-ын тайлан
- [9] <http://mctrans.ce.ufl.edu/hcs/hcs2000/>
- [10] <http://www.wikipedia.org/>