



ВЕРОЯТНОСТНИ МРЕЖОВИ МОДЕЛИ ГЕНЕРИРАНИ ПРИ ПЛАНИРАНЕ НА МАРШРУТ ЗА ПЪТУВАНЕ В СОФИЯ

Миглена Иванова

ivanova_mg@abv.bg

*Университет за Национално и Световно Стопанство,
София, 1700, Студентски град „Христо Ботев”, ул. „8-ми декември”
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** вероятностни мрежови модели, маршрут за пътуване, математическо очакване, дисперсия, ковариационен анализ, SPSS*

***Резюме:** В доклада се представя подход за разработване на вероятностни мрежови модели генерирани при планиране на маршрут за пътуване с прекачване с кола и метро в София. За целите на настоящото изследване се илюстрират два вида ковариационен анализ с програмата SPSS на ранните и късните срокове на работите на шест варианта мрежови модели в делничен ден и на шест варианта в празничен ден. Първият вид ковариационен анализ се основава на комбинациите на вариантите на мрежовите модели в делничен и празничен ден попадащи в едни и същи часови интервали при пътуване с кола, и на комбинациите на вариантите попадащи в едни и същи часови интервали при пътуване с метро, а вторият вид ковариационен анализ се базира на методиката за изчисляване на математическото очакване и дисперсията на работите, използваща два параметъра на бета – разпределението: горната и долната граница на продължителността на работите на мрежовите модели в делничен и празничен ден.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящото изследване се представя подход за разработване на вероятностни мрежови модели генерирани при планиране на маршрут за пътуване в София. При построяване на мрежов модел (мрежов график) всяка негова работа получава своя временна оценка. Мрежови модели с еднозначни нормални оценки на продължителността на работите се наричат детерминирани. Структурата на такива мрежи е също еднозначно определена и се явява детерминирана. Мрежови модели с детерминирана структура, където времето за изпълнение на работите е случайна величина се наричат вероятностни [1]. Временните оценки на работите във вероятностните мрежови модели определят разпределението на времето за тяхното изпълнение. За работите нямащи прототипове в миналото, вероятностното разпределение на тяхната продължителност е неизвестно. Изходът от създаденото положение се състои в това, че пътят на анализа на голямо количество мрежи от различен тип се базира на типовото вероятностно разпределение. Тогава задачата съществено се опростява и се свежда до определяне на параметрите на това

разпределение за всяка конкретна негова работа. Като типово разпределение на продължителността на работите се използва бета – разпределението. [1]

КОВАРИАЦИОНЕН АНАЛИЗ НА РАННИТЕ И КЪСНИТЕ СРОКОВЕ НА РАБОТИТЕ НА ВЕРОЯТНОСТНИ МРЕЖОВИ МОДЕЛИ ГЕНЕРИРАНИ ПРИ ПЛАНИРАНЕ НА МАРШРУТ ЗА ПЪТУВАНЕ В СОФИЯ

В тази част на настоящото изследване се представя подход за два вида ковариационен анализ с програмата SPSS на ранните и късните срокове на вероятностни мрежови модели генерирани с електронни платформи за пътуване с прекачване с лек автомобил и метро в София. С електронната платформа <https://www.google.com/maps/?hl=bg> се планира маршрут за пътуване с кола от с. Бистрица до буферния паркинг на Цариградско шосе южен вход, а с електронната платформа <https://routes.sofiatraffic.bg> на Центъра за градска мобилност се планира пътуване с метро от Метростанция Цариградско шосе до Метростанция Лъвов мост. За целите на настоящото изследване с двете електронни платформи са получени шест различни *Варианти 1А, 2А, 3А, 4А, 5А, 6А* на един и същ мрежов модел в делничен ден (17.07.2024 г.) и шест различни *Варианти 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 5Б, 6Б* на същия мрежов модел в празничен ден (20.07.2024 г.). Кодовете на участъците и продължителността за изминаването им за шестте варианта мрежови модели в делничен ден са дадени в таблица 1, а за шестте варианта мрежови модели в празничен ден са дадени в таблица 2.

Таблица 1

Участък	Код	Продължителност от – до (час: минути: секунди) в делничен ден					
		Вариант 1А	Вариант 2А	Вариант 3А	Вариант 4А	Вариант 5А	Вариант 6А
Шофиране от Бистрица (1444) по ул.Мл.Ангел. към ул.Н. Круш.-Чолака (17 м)	1-2	07:38:00-07:38:03	09:34:00-09:34:03	15:37:00-15:37:03	16:39:00-16:39:03	17:31:00-17:31:03	18:37:00-18:37:03
Шофиране по път 181 , бул.Кл.Охрид., бул.Анд.Липч. към бул. Цар.шосе (12,9 км)	2-7	07:38:03-07:59:03	09:34:03-09:59:03	15:37:03-16:00:03	16:39:03-17:02:03	17:31:03-17:58:03	18:37:03-19:01:03
Шофиране по ул.Б.Ждр.,бул.Сим.ш.,Околовр път, бул.Ал.Мал. към бул. Цар.шосе (15,6 км)	2-8	07:38:03-07:59:03	09:34:03-09:59:03	15:37:03-16:00:03	16:39:03-17:02:03	17:31:03-17:58:03	18:37:03-19:01:03
Шофиране от Бистрица (1444) по ул.Мл.Ангел. към ул.Н. Круш.-Чолака (17 м)	3-4	07:42:00-07:42:03	09:40:00-09:40:03	15:42:00-15:42:03	16:44:00-16:44:03	17:37:00-17:37:03	18:42:00-18:42:03
Шофиране по път 181 към ул.Р.П.Казандж. (4,7 км)	4-5	07:42:03-07:49:03	09:40:03-09:48:03	15:42:03-15:50:03	16:44:03-16:52:03	17:37:03-17:46:03	18:42:03-18:50:03
Шофиране по ул.Р.П.Казандж. към бул.Ал.Мал. (1,2 км)	5-6	07:49:03-07:51:03	09:48:03-09:50:03	15:50:03-15:52:03	16:52:03-16:54:03	17:46:03-17:48:03	18:50:03-18:52:03
Шофиране по бул.Ал.Мал. към бул. Цар.шосе (5,1 км)	6-8	07:51:03-07:59:03	09:50:03-09:59:03	15:52:03-16:00:03	16:54:03-17:02:03	17:48:03-17:58:03	18:52:03-19:01:03
Шофиране по бул. Цар.шосе до Буфер.парк. Цар.шосе южен вход (52 м)	8-9	07:59:03-07:59:12	09:59:03-09:59:12	16:00:03-16:00:12	17:02:03-17:02:12	17:58:03-17:58:12	19:01:03-19:01:12
Паркиране на Буфер.парк. Цар.шосе южен вход	9-10	07:59:12-08:02:00	09:59:12-10:02:00	16:00:12-16:03:00	17:02:12-17:05:00	17:58:12-18:01:00	19:01:12-19:04:00
Ходене от Буфер.парк. Цар.шосе южен вход до Метростанция Царигр. шосе (3030)	10-11	08:02:00-08:05:00	10:02:00-10:05:00	16:03:00-16:06:00	17:05:00-17:08:00	18:01:00-18:04:00	19:04:00-19:07:00
Чакане на метро на Метростан. Царигр.шосе (3030)	11-12	08:05:00-08:07:00	10:05:00-10:07:00	16:06:00-16:08:00	17:08:00-17:10:00	18:04:00-18:06:00	19:07:00-19:09:00
Пътуване с метро от Метростан. Царигр. шосе (3030) до Метростан. Младост-3 (3028)	12-13	08:07:00-08:09:00	10:07:00-10:09:00	16:08:00-16:10:00	17:10:00-17:12:00	18:06:00-18:08:00	19:09:00-19:11:00
Пътуване с метро от Метростан. Младост-3 (3028) до Метростан. Младост-1 (3026)	13-14	08:09:00-08:12:00	10:09:00-10:12:00	16:10:00-16:12:00	17:12:00-17:15:00	18:08:00-18:11:00	19:11:00-19:14:00
Пътуване с метро от Метростан. Младост-1 (3026) до Метростан. Мусагеница (3024)	14-15	08:12:00-08:14:00	10:12:00-10:14:00	16:12:00-16:14:00	17:15:00-17:17:00	18:11:00-18:13:00	19:14:00-19:16:00
Пътуване с метро от Метростан. Мусагеница (3024) до Метростан. Г.М.Димитр. (3022)	15-16	08:14:00-08:15:00	10:14:00-10:15:00	16:14:00-16:16:00	17:17:00-17:18:00	18:13:00-18:14:00	19:16:00-19:17:00
Пътуване с метро от Метростан. Г.М.Димитр. (3022) до Метростан. Ф.Жолио-Кюри (3020)	16-17	08:15:00-08:18:00	10:15:00-10:18:00	16:16:00-16:18:00	17:18:00-17:21:00	18:14:00-18:17:00	19:17:00-19:20:00
Пътуване с метро от Метростан. Ф.Жолио-Кюри (3020) до Метростан.Ст.В.Левски (3018)	17-18	08:18:00-08:21:00	10:18:00-10:21:00	16:18:00-16:21:00	17:21:00-17:24:00	18:17:00-18:20:00	19:20:00-19:23:00
Пътуване с метро от Метростан. Ст.В.Левски (3018) до Метростан.СУ Св.Кл.Охрид. (3016)	18-19	08:21:00-08:23:00	10:21:00-10:23:00	16:21:00-16:24:00	17:24:00-17:26:00	18:20:00-18:22:00	19:23:00-19:25:00
Пътуване с метро от Метростан. СУ Св. Кл. Охрид. (3016) до Метростан. Сердика (3014)	19-20	08:23:00-08:26:00	10:23:00-10:26:00	16:24:00-16:26:00	17:26:00-17:29:00	18:22:00-18:25:00	19:25:00-19:28:00
Излизане от Метростан. Сердика (3014)	20-21	08:26:00-08:27:00	10:26:00-10:27:00	16:26:00-16:27:00	17:29:00-17:30:00	18:25:00-18:26:00	19:28:00-19:29:00
Ходене от Метростан. Сердика (3014) до Метростан. Сердика 2 (2983)	20-22	08:26:00-08:31:00	10:26:00-10:30:00	16:26:00-16:28:00	17:29:00-17:31:00	18:25:00-18:27:00	19:28:00-19:32:00
Ходене от Метростан. Сердика (3014) до Метростан. Лъвов Мост	21-24	08:27:00-08:41:00	10:27:00-10:41:00	16:27:00-16:41:00	17:30:00-17:44:00	18:26:00-18:40:00	19:29:00-19:43:00
Пътуване с метро от Метростан. Сердика 2 (2983) до Метростан. Лъвов Мост	22-23	08:31:00-08:33:00	10:30:00-10:32:00	16:28:00-16:30:00	17:31:00-17:33:00	18:27:00-18:29:00	19:32:00-19:33:00

Таблица 2

Участък	Кола	Продължителност от – до (час: минути: секунди) в празничен ден					
		Вариант 1Б	Вариант 2Б	Вариант 3Б	Вариант 4Б	Вариант 5Б	Вариант 6Б
Шофиране от Бистрица (1444) по ул.Мл.Ангел. към ул.Н. Круш.-Чолака (17 м)	1-2	08:42:00-08:42:03	11:44:00-11:44:03	12:32:00-12:32:03	14:36:00-14:36:03	16:38:00-16:38:03	19:42:00-19:42:03
Шофиране по път 181, бул.Кл.Охрид, бул.Анд.Ляпч. към бул. Цар.шосе (12,9 км)	2-7	08:42:03-09:02:03	11:44:03-12:06:03	12:32:03-12:55:03	14:36:03-14:58:03	16:38:03-17:00:03	19:42:03-20:04:03
Шофиране по ул.Б.Ждр.,бул.Сим.ш.,Околовр път, бул.Ал.Мал. към бул. Цар.шосе (15,6 км)	2-8	08:42:03-09:02:03	11:44:03-12:06:03	12:32:03-12:55:03	14:36:03-14:58:03	16:38:03-17:00:03	19:42:03-20:04:03
Шофиране от Бистрица (1444) по ул.Мл.Ангел. към ул.Н. Круш.-Чолака (17 м)	3-4	08:46:00-08:46:03	11:48:00-11:48:03	12:37:00-12:37:03	14:41:00-14:41:03	16:43:00-16:43:03	19:47:00-19:47:03
Шофиране по път 181 към ул.Р.П.Казандж. (4,7 км)	4-5	08:46:03-08:53:03	11:48:03-11:56:03	12:37:03-12:45:03	14:41:03-14:48:03	16:43:03-16:50:03	19:47:03-19:54:03
Шофиране по ул.Р.П.Казандж. към бул.Ал.Мал. (1,2 км)	5-6	08:53:03-08:55:03	11:56:03-11:58:03	12:45:03-12:47:03	14:48:03-14:50:03	16:50:03-16:52:03	19:54:03-19:56:03
Шофиране по бул.Ал.Мал. към бул. Цар.шосе (5,1 км)	6-8	08:55:03-09:02:03	11:58:03-12:06:03	12:47:03-12:55:03	14:50:03-14:58:03	16:52:03-17:00:03	19:56:03-20:04:03
Шофиране по бул. Цар.шосе до Буфер.парк. Цар.шосе южен вход (52 м)	8-9	09:02:03-09:02:12	12:06:03-12:06:12	12:55:03-12:55:12	14:58:03-14:58:12	17:00:03-17:00:12	20:04:03-20:04:12
Паркиране на Буфер.парк. Цар.шосе южен вход	9-10	09:02:12-09:05:00	12:06:12-12:09:00	12:55:12-12:58:00	14:58:12-15:01:00	17:00:12-17:03:00	20:04:12-20:07:00
Ходене от Буфер.парк. Цар.шосе южен вход до Метростанция Царигр. шосе (3030)	10-11	09:05:00-09:08:00	12:09:00-12:12:00	12:58:00-13:01:00	15:01:00-15:04:00	17:03:00-17:06:00	20:07:00-20:10:00
Чакане на метро на Метростан. Царигр.шосе (3030)	11-12	09:08:00-09:10:00	12:12:00-12:14:00	13:01:00-13:03:00	15:04:00-15:06:00	17:06:00-17:08:00	20:10:00-20:12:00
Пътуване с метро от Метростан. Царигр. шосе (3030) до Метростан. Младост-3 (3028)	12-13	09:10:00-09:12:00	12:14:00-12:16:00	13:03:00-13:05:00	15:06:00-15:08:00	17:08:00-17:10:00	20:12:00-20:14:00
Пътуване с метро от Метростан. Младост-3 (3028) до Метростан. Младост-1 (3026)	13-14	09:12:00-09:14:00	12:16:00-12:18:00	13:05:00-13:07:00	15:08:00-15:10:00	17:10:00-17:13:00	20:14:00-20:17:00
Пътуване с метро от Метростан. Младост-1 (3026) до Метростан. Мусагеница (3024)	14-15	09:14:00-09:16:00	12:18:00-12:20:00	13:07:00-13:09:00	15:10:00-15:12:00	17:13:00-17:15:00	20:17:00-20:19:00
Пътуване с метро от Метростан. Мусагеница (3024) до Метростан. Г.М.Димитр. (3022)	15-16	09:16:00-09:18:00	12:20:00-12:22:00	13:09:00-13:11:00	15:12:00-15:14:00	17:15:00-17:16:00	20:19:00-20:20:00
Пътуване с метро от Метростан. Г.М.Димитр. (3022) до Метростан. Ф.Жолно-Кюри (3020)	16-17	09:18:00-09:20:00	12:22:00-12:24:00	13:11:00-13:13:00	15:14:00-15:16:00	17:16:00-17:18:00	20:20:00-20:22:00
Пътуване с метро от Метростан. Ф.Жолно-Кюри (3020) до Метростан.Ст.В.Левски (3018)	17-18	09:20:00-09:23:00	12:24:00-12:27:00	13:13:00-13:16:00	15:16:00-15:19:00	17:18:00-17:22:00	20:22:00-20:26:00
Пътуване с метро от Метростан. Ст.В.Левски (3018) до Метростан.СУ Св.Кл.Охрид. (3016)	18-19	09:23:00-09:25:00	12:27:00-12:29:00	13:16:00-13:18:00	15:19:00-15:21:00	17:22:00-17:23:00	20:26:00-20:27:00
Пътуване с метро от Метростан. СУ Св. Кл. Охрид. (3016) до Метростан. Сердика (3014)	19-20	09:25:00-09:27:00	12:29:00-12:31:00	13:18:00-13:20:00	15:21:00-15:23:00	17:23:00-17:26:00	20:27:00-20:30:00
Излизане от Метростан. Сердика (3014)	20-21	09:27:00-09:28:00	12:31:00-12:32:00	13:20:00-13:21:00	15:23:00-15:24:00	17:26:00-17:27:00	20:30:00-20:31:00
Ходене от Метростан. Сердика (3014) до Метростан. Сердика 2 (2983)	20-22	09:27:00-09:29:00	12:31:00-12:33:00	13:20:00-13:22:00	15:23:00-15:25:00	17:26:00-17:28:00	20:30:00-20:35:00
Ходене от Метростан. Сердика (3014) до Метростан. Львов Мост	21-24	09:28:00-09:42:00	12:32:00-12:46:00	13:21:00-13:35:00	15:24:00-15:38:00	17:27:00-17:41:00	20:31:00-20:45:00
Пътуване с метро от Метростан. Сердика 2 (2983) до Метростан. Львов Мост	22-23	09:29:00-09:30:00	12:33:00-12:34:00	13:22:00-13:23:00	15:25:00-15:26:00	17:28:00-17:29:00	20:35:00-20:37:00

Всеки от получените дванадесет варианта на мрежови модели има по 23 действителни работи и 3 фиктивни работи. Шестте *Варианти 1А,2А,3А,4А,5А,6А* (делник) и шестте *Варианти 1Б,2Б,3Б,4Б,5Б,6Б* (празник) имат по 11 действителни вероятностни работи, като 10 от тях (2-7), (2-8), (4-5), (6-8), (13-14), (15-16), (18-19), (19-20), (20-22), (22-23) са едни и същи вероятностни работи за всички варианти, и само една вероятностна работа е различна – за вариантите в делник това е работата (16-17), а за вариантите в празник това е работата (17-18).

В настоящата разработка се използва метода с програмата SPSS за ковариационен анализ на две групи, и на три и повече групи, описан от Зорница Ганева [2]. Първият вид ковариационен анализ (на две групи) със SPSS се основава на комбинациите на вариантите на мрежовите модели в делник (таблица 1) и празник (таблица 2), продължителността на които при пътуване с Кола или при пътуване с Метро попадат в едни и същи часови интервали. В настоящото изследване се разглеждат шест часови интервали, в които попада пътуването с Кола или пътуването с Метро: 07:00–08:00, 08:00–10:00, 10:00–13:30, 13:30–17:00, 17:00–19:00, 19:00–21:00. Всички комбинации на варианти попадащи в шестте часови интервали за пътуване са 10 (таблица 3) – от тях 3 комбинации са с Кола, 5 комбинации са с Метро, а 2 от комбинациите се повтарят, т.е. попадат в едни и същи часови интервали при пътуване с Кола и при пътуване с Метро (К./М.). За целите на ковариационния анализ в настоящото изследване се разглеждат само десетте вероятностни работи, които са едни и същи за шестте варианта в делник и в празник.

Таблица 3

Кола - t рн	Кола - t рз	Кола - t кн	Кола - t кз	Кола - t рн	Кола - t рз	Кола - t кн	Кола - t кз
2А: 30,734	2А: 38,084	2А: 33,873	2А: 41,223	3А: 27,654	3А: 34,904	3А: 30,902	3А: 38,152
1Б: 23,106	1Б: 30,456	1Б: 26,167	1Б: 33,517	5Б: 25,986	5Б: 33,236	5Б: 29,338	5Б: 36,588
7,628	7,628	7,706	7,706	1,668	1,668	1,564	1,564
Кола - t рн	Кола - t рз	Кола - t кн	Кола - t кз	Метро - t рн	Метро - t рз	Метро - t кн	Метро - t кз
4А: 28,054	4А: 35,304	4А: 31,302	4А: 38,552	1А: 27,425	1А: 34,325	1А: 29,894	1А: 36,794
4Б: 25,586	4Б: 32,836	4Б: 28,938	4Б: 36,188	1Б: 24,015	1Б: 30,915	1Б: 27,146	1Б: 34,046
2,468	2,468	2,364	2,364	3,41	3,41	2,784	2,784
Метро - t рн	Метро - t рз	Метро - t кн	Метро - t кз	Метро - t рн	Метро - t рз	Метро - t кн	Метро - t кз
2А: 30,075	2А: 37,725	2А: 33,162	2А: 40,812	2А: 29,852	2А: 37,602	2А: 32,921	2А: 40,671
2Б: 25,065	2Б: 32,715	2Б: 28,178	2Б: 35,828	3Б: 25,888	3Б: 33,638	3Б: 29,219	3Б: 36,969
5,01	5,01	4,984	4,984	3,964	3,964	3,702	3,702
Метро - t рн	Метро - t рз	Метро - t кн	Метро - t кз	Метро - t рн	Метро - t рз	Метро - t кн	Метро - t кз
5А: 31,659	5А: 39,459	5А: 35,194	5А: 42,994	6А: 28,853	6А: 36,503	6А: 31,884	6А: 39,534
5Б: 24,881	5Б: 32,681	5Б: 28,146	5Б: 35,946	6Б: 26,287	6Б: 33,937	6Б: 28,856	6Б: 36,506
6,788	6,788	7,048	7,048	2,566	2,566	3,028	3,028
К./М. - t рн	К./М. - t рз	К./М. - t кн	К./М. - t кз	К./М. - t рн	К./М. - t рз	К./М. - t кн	К./М. - t кз
3А: 27,651	3А: 34,901	3А: 30,899	3А: 38,149	4А: 28,058	4А: 35,308	4А: 31,305	4А: 38,555
4Б: 25,589	4Б: 32,839	4Б: 28,941	4Б: 36,191	5Б: 25,982	5Б: 33,232	5Б: 29,335	5Б: 36,585
2,062	2,062	1,958	1,958	2,076	2,076	1,97	1,97

Първият вид ковариационен анализ със SPSS, който се илюстрира в настоящото изследване е еднофакторен и има една независима категорична променлива на две нива – делник и празник, една количествена променлива ковариата – стойностите, на която съответстват на продължителността в минути на вероятностните работи, и една зависима количествена променлива – стойностите, на която съответстват на един от следните четири вида срок на вероятностните работи: ранни срокове за начало $t_{рн}(i,j)$, ранни срокове за завършване $t_{рз}(i,j)$, късни срокове за начало $t_{кн}(i,j)$, късни срокове за завършване $t_{кз}(i,j)$. Трите дефинирани променливи имат по 20 стойности – 10 от тях са за делник и 10 за празник. В таблица 3 за трите комбинации на вариантите в делник и празник с Кола, за петте комбинации на вариантите с Метро, и за двете комбинации с Кола и с Метро (К./М.) са дадени коригираните математически очаквания (средните стойности) генерирани със SPSS на двете групи за четирите вида срокове на работите (ранни и късни) след ковариационния анализ. Резултатът от този вид анализ на всичките 10 комбинации на варианти за всяка от четирите зависими променливи $t_{рн}$, $t_{рз}$, $t_{кн}$, $t_{кз}$, е че регресионните линии на двете групи на независимата променлива са паралелни, т.е. имат еднакъв наклон, и че няма статистическа разлика между коригираните математически очаквания, а ковариатата е статистически значима. Във всяка колона на таблица 3 за всяка от разглежданите комбинации (в четири реда) дадени: в първи ред вида на комбинацията (с Кола, с Метро или с К./М.) и вида срок на работите на зависимата променлива, във втори ред е даден номера комбинацията на варианта от първата група на зависимата променлива, и коригираното математическо очакване на групата, в трети ред е даден номера на комбинацията на варианта от втората група и коригираното математическо очакване на групата, а в четвъртия ред за целите на изследването е изчислена разликата между коригираните математически очаквания на първа и втора група. Изводът, който можем да направим, е че за всяка разглеждана комбинация двойките разлики на коригираните математически очаквания на ранните срокове ($t_{рн}$ и $t_{рз}$) са равни, също така са равни и двойките разлики на коригираните математически очаквания на късните срокове ($t_{кн}$ и $t_{кз}$). Комбинацията с Кола на *Варианти 3А-5Б* има най-малки разлики на коригираните математически очаквания на ранните срокове ($t_{рн}$ и $t_{рз}$) **1,668**, и на късните срокове ($t_{кн}$ и $t_{кз}$) **1,564**.

Таблица 4

Варианти 1А, 2А, 3А 4А, 5А, 6А (делник)	Код	2-7	2-8	4-5	6-8	13-14	15-16	18-19	19-20	20-22	22-23
	$\bar{t}(i,j)$	23,4	23,4	7,8	8,8	2,4	1,4	2,4	2,4	3,2	1,4
	$\sigma^2(i,j)$	1,44	1,44	0,16	0,16	0,04	0,04	0,04	0,04	0,36	0,04
Варианти 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 5Б, 6Б (празник)	Код	2-7	2-8	4-5	6-8	13-14	15-16	18-19	19-20	20-22	22-23
	$\bar{t}(i,j)$	21,2	21,2	7,4	7,4	2,4	1,4	1,4	2,4	3,2	1,4
	$\sigma^2(i,j)$	0,36	0,36	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,36	0,04

Таблица 5

Варианти 1А, 2А, 3А, 4А, 5А, 6А (делник)						Варианти 1Б, 2Б, 3Б, 4Б, 5Б, 6Б (празник)					
Ранни срокове			Късни срокове			Ранни срокове			Късни срокове		
t рп	t рз	t рп/т рз	t кп	t кз	t кп/т кз	t рп	t рз	t рп/т рз	t кп	t кз	t кп/т кз
13-14: 34,057	13-14: 36,424	19-20 20-22 22-23	13-14: 34,364	13-14: 36,731	19-20 20-22 22-23	13-14: 31,703	13-14: 33,703	15-16 19-20 20-22 22-23	13-14: 32,063	13-14: 34,063	15-16 19-20 20-22 22-23
15-16: 38,091	15-16: 40,458	19-20 20-22 22-23	15-16: 37,302	15-16: 39,669	19-20 20-22 22-23	15-16: 36,297	15-16: 38,297	13-14 19-20 20-22 22-23	15-16: 35,937	15-16: 37,937	13-14 19-20 20-22 22-23
19-20: 48,057	19-20: 50,424	13-14 15-16 22-23	19-20: 48,364	19-20: 50,731	13-14 15-16 20-22 22-23	19-20: 44,703	19-20: 46,703	13-14 15-16 22-23	19-20: 45,063	19-20: 47,063	13-14 15-16 20-22 22-23
20-22: 51,050	20-22: 53,417	13-14 15-16	20-22: 61,576	20-22: 63,943	13-14 15-16 19-20	20-22: 46,971	20-22: 48,971	13-14 15-16 22-23	20-22: 58,845	20-22: 60,845	13-14 15-16 22-23
22-23: 53,578	22-23: 55,944	13-14 15-16 19-20	22-23: 63,227	22-23: 65,594	13-14 15-16 19-20	22-23: 49,993	22-23: 51,993	13-14 15-16 19-20 20-22	22-23: 60,426	22-23: 62,426	13-14 15-16 19-20

За целите на втория вид ковариационен анализ с методиката за изчисляване [1], [3], [4] на математическото очакване $\overline{t(i,j)} = \frac{3t_{\min}(i,j) + 2t_{\max}(i,j)}{5}$ и дисперсията $\sigma^2(i,j) = \left(\frac{t_{\max}(i,j) - t_{\min}(i,j)}{5} \right)^2$ на работите, използваща два параметъра на бета – разпределението (долната $t_{\min}(i,j)$ и горната $t_{\max}(i,j)$ граници на продължителността на работите на мрежовите модели) в таблица 4 на всяка от десетте вероятностни работи на вариантите в делник и празник са дадени изчислените стойности на математическото очакване и дисперсията. Подходът за втория вид ковариационен анализ е базиран на петте вероятностни работи (13-14), (15-16), (19-20), (20-22), (22-23), за които вариантите в делник и в празник имат съответно равни математически очаквания и дисперсии (таблица 4). Вторият вид ковариационен анализ (на пет групи) със SPSS, който се прилага за шестте варианта в делник и за шестте в празник е също еднофакторен и има една независима категорийна променлива на пет нива – работите (13-14), (15-16), (19-20), (20-22), (22-23), една количествена променлива ковариата – стойностите, на която съответстват на продължителността в минути на работите, и една зависима количествена променлива – стойностите, на която съответстват на един от следните четири вида срок на вероятностните работи: $t_{рп}(i,j)$, $t_{рз}(i,j)$, $t_{кп}(i,j)$, $t_{кз}(i,j)$. Трите дефинирани променливи имат по 30 стойности. Резултатът от този вид анализ на вариантите в делник и празник за всяка от четирите зависими променливи $t_{рп}$, $t_{рз}$, $t_{кп}$, $t_{кз}$, е че регресионните линии на петте групи на независимата променлива са паралелни, и че има статистическа разлика между коригираните математически очаквания на поне две от петте групи. В таблица 5 са дадени двойките статистически значими работи в делник и в празник генерирани със SPSS по метода на Бонферони. С този метод се сравняват двойките на база на разликата на техните коригирани математически очаквания. При този вид анализ (по аналогия на първия вид) разликите на коригираните математически очаквания на ранните срокове на всяка двойка са равни, също така са равни и двойките разлики на късните срокове. Затова за вариантите в делник, както и за вариантите в празник статистически значимите двойки работи на ранните срокове съвпадат, а също така съвпадат и двойките на късните срокове. От таблица 5 можем да направим извод, че ранните срокове на вариантите в празник имат две двойки статистически значими работи $\checkmark(13-14)$ и $\checkmark(15-16)$, $\checkmark(20-22)$ и $\checkmark(22-23)$ повече от ранните срокове на вариантите в делник, а късните срокове на вариантите в празник имат една двойка статистически значими работи $\checkmark(13-14)$ и $\checkmark(15-16)$ повече от късните срокове на вариантите в делник.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От таблица 3 и таблица 5 за двата вида ковариационен анализ на разглежданите вероятностни мрежови модели можем да направим следните изводи:

1. За първия вид ковариационен анализ можем да направим извод, че комбинациите на *Варианти 3А-4Б* и на *Варианти 4А-5Б* попадащи в едни и същи часови интервали при пътуване с Кола и при пътуване с Метро (К./М.) имат малки приблизително равни разлики на коригираните математически очаквания както на ранните срокове на работите си, така и на късните срокове на работите си.

2. За втория вид ковариационен анализ можем да направим извод, че ранните срокове на *Варианти 1А,2А,3А,4А,5А,6А* и на *Варианти 1Б,2Б,3Б,4Б,5Б,6Б* имат седем еднакви двойки статистически значими работи, а късните срокове на *Варианти 1А,2А,3А,4А,5А,6А* и на *Варианти 1Б,2Б,3Б,4Б,5Б,6Б* имат осем еднакви двойки статистически значими работи.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Балашевич В, Математические методы в управлении производством, Издательство „Вышэйшая школа”, Минск, 1976
- [2] Ганева З., Да преоткрием статистиката с IBM SPSS Statistics, Печат Елестра ЕООД, София, 2016
- [3] Размов Т., Димитров Д., Ръководство за упражнения и курсово проектиране по „Управление на проекти”, Печатница на ВТУ „Тодор Каблешков”, София, 2012
- [4] Мутафчиев Л., Василев Е., Икономико-математически методи и модели в транспорта, Университетско Издателство „Стопанство”, София, 1999

PROBABILITY NETWORK MODELS GENERATED WHEN PLANNING A TRAVEL ROUTE IN SOFIA

Miglena Ivanova

ivanova_mg@abv.bg

*University of National and World Economy, 1700, Sofia,
Students Town Hristo Botev, 8 December Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: *Probability network models, travel route, mathematical expectation, dispersion, covariance analysis, SPSS*

Abstract: *The report presents an approach for developing probability network models generated when planning an indirect travel route by car and metro in Sofia. For the purpose of this study, two types of covariance analysis are illustrated with the SPSS programme of early and late terms of work of six variants of network models on weekdays and of six variants on public holidays. The first type of covariance analysis is based on the combinations of the variants of network models on weekdays and public holidays falling within the same time intervals when travelling by car, and on the combinations of variants falling within the same time intervals when travelling by metro, and the second type of covariance analysis is based on the methodology for calculating the mathematical expectation and dispersion of works using two parameters of beta distribution: the upper and lower limits of the duration of the work of the network models on weekdays and public holidays.*