

ВЫБОР И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Александр Бережной¹, Игорь Смирнов²

¹*Институт транспорта и связи
ул. Ломоносова, 1, Рига, LV-1019, Латвия
Тел. (+371)-7100664. Факс: (+371)-7100535. E-mail: avb@tsi.lv*

²*Авиационный институт, Рижский технический университет
ул. Ломоносова, 1, Рига, LV-1019, Латвия
Тел. (+371)-7089881. E-mail: igor.smirnov@navigator.lv*

В статье рассматриваются вопросы выбора показателей оценки эффективности автоматизированных систем управления дорожным движением. Для этого адаптируются традиционные способы, принятые для оценки эффективности в автоматизированных системах централизованного контроля и управления. Поиск единичных показателей предлагается осуществлять в сферах оценки качества решения поставленных задач, экономичности и надежности автоматизированных систем управления. Основное внимание в данной работе уделяется вопросу анализа качества решения поставленных перед системой задач по изменению итоговых характеристик транспортной системы как объекта управления.

Ключевые слова: *показатели качества, эффективность, автоматизированная система централизованного контроля и управления (АСЦКУ), автоматизированная система контроля (АСК), автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД)*

В общем случае под эффективностью понимают степень приспособленности определенных средств и методов их использования для решения поставленных задач. Исследуя понятие эффективности АСУДД, в первую очередь необходимо выявить, какие задачи, решаемые системами данного типа, следует считать основными.

Представляется важным отметить, что понятие эффективности может быть рассмотрено в зависимости от контекста, применительно как непосредственно к самому объекту управления, так и к методам или средствам управления объектом. Также очевидно, что оценка эффективности может быть выражена в терминах стоимости системы, времени регулирования, своевременности управления, максимального соответствия потребностей и управляющих воздействий и пр. Поэтому при рассмотрении вопроса о получении показателя эффективности функционирования системы управления дорожным движением возникает необходимость разработки специальной методики оценки данной системы.

Так как автоматизированная система управления городским транспортным движением является частным случаем автоматизированной системы централизованного контроля и управления, в работе используются и адаптируются традиционные подходы к решению задач оценки и управления эффективностью систем, применительно к АСЦКУ.

Эффективность автоматизированной системы управления дорожным движением представляет собой функцию, зависящую от набора сервисов, которые могут быть реализованы в рамках системы. Таким образом,

$$E = f(E_{S_i}), \quad (1)$$

где E – эффективность АСУДД, S_i – i -й сервис, реализованный в АСУДД.

Эффективность i -го сервиса применительно к сервису автоматизированного контроля транспортными потоками зависит от таких свойств системы, как надежность и качество решения поставленных задач и пр. Заметим, что эти свойства привязны к реализуемой архитектуре.

$$E_{S_{АСК}} = \prod_{i=1}^N e_i(a_j) \rightarrow \max \quad \Bigg| \quad TCO \rightarrow \min, \quad (2)$$

где e_i – i -е свойство системы, зависящее от архитектуры построения системы a_j , TCO (*Total Cost of Ownership*) – совокупная стоимость владения, $j = 1, \dots, M$.

Понятие эффективности АСУДД как средства управления складывается не только из оценки степени изменения показателей-индикаторов решения поставленных задач, но также из оценки экономичности системы по затрачиваемым ресурсам (временным, трудовым, материальным, земельным, финансовым, информационным, энергетическим и пр.) и оценки степени надежности системы централизованного управления (рис. 1).

Раскроем содержание некоторых общих свойств системы e_i , определяющих эффективность АСУДД:

$$e_1 = R(a_j)$$

$$e_2 = Q(a_j)'$$

где $R(a_j)$ – надежность, а $Q(a_j)$ – качество решения задач, стоящих перед системой.

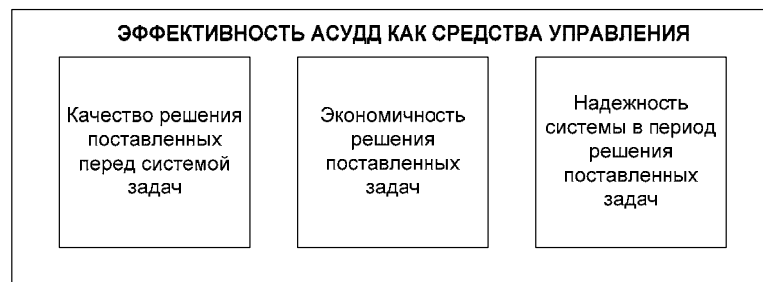


Рис. 1. Понятие эффективности системы как средства управления

Таким образом, эффективность АСУДД как средства управления представляет собой комплексный показатель качества, функциональный способ нахождения которого крайне затруднителен главным образом по причине исключительной сложности выведения функциональной зависимости, учитывающей некоторое количество составных комплексных показателей.

Та же сложность встречается и при определении составных комплексных показателей. Однако в случае, когда комплексный показатель качества невозможно выразить через единичные с помощью объективной функциональной зависимости, применяют субъективный способ образования комплексных показателей по принципу среднего взвешенного. Субъективным в этом случае является лишь выбор логики усреднения, сам же комплексный показатель является объективной количественной характеристикой качества объекта [1].

В общем виде комплексный показатель отдельного свойства системы по принципу среднего взвешенного можно определить как:

$$e_i = \sqrt[\gamma]{\frac{\sum_{j=1}^n g_j e_{ij}^g}{\sum_{j=1}^n g_j}}, \tag{3}$$

где γ – параметр логики усреднения; g_j – весовые коэффициенты, n – число единичных показателей e_{ij} .

В данной статье речь пойдет преимущественно об одной из составляющих, а именно об оценке качества решения поставленных перед АСУДД задач по изменению характеристик объекта управления.

Для оценки эффективности системы примем, что эффективность АСУДД в период ее исправной работы – понятие, тождественное эффективности управления дорожным движением в рамках ее территориального использования, так как управление движением является основной функцией АСУДД. Тогда с точки зрения теории управления качеством, можно констатировать, что в рассматриваемом случае, эффективность системы тождественна эффективности процесса управления.

В качестве объекта управления выступает транспортная система города в области регулирования дорожного движения. Оценка эффективности управления производится на основании регулярного отслеживания изменений качественных характеристик объекта управления.

Характеристики городской транспортной системы

Основными характеристиками транспортной системы города в плане организации дорожного движения являются:

- время проезда регулируемых магистралей;
- средняя скорость движения транспортных средств;
- средние величины задержек транспортных средств на перекрестках;
- количество остановок автотранспорта на запрещающий сигнал светофора;
- количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в т.ч. и дорожных катастроф;
- уровень загрязнения почвы, воды и воздушного бассейна города;
- уровень зашумления;
- отчуждение земель и ландшафтные нарушения;
- прочие.

Поскольку многие из приводимых характеристик имеют сходную интерпретацию их влияния на оцениваемую эффективность, разделим все единичные характеристики объекта управления на несколько групп:

1. Характеристики безопасности дорожного движения.
2. Характеристики производительности системы.
3. Характеристики экологической безопасности.

Заметим, что формируемые в АСУДД управляющие воздействия не оказывают непосредственного влияния на характеристики транспортной системы, а манипулируют параметрами отдельных транспортных потоков, что в конечном итоге, приводит к изменению качественных характеристик объекта управления в целом. Среди доступных управляемых параметров следует выделить:

- 1) скорость транспортного потока;
- 2) возможные направления движения потока;
- 3) возможности разделения/объединения потоков;
- 4) сортировку потока по категориям транспортных средств;
- 5) дискретность следования потока.

Таблица 1. Характеристики транспортной системы

Безопасность дорожного движения		Производительность транспортной системы			Экологический ущерб		
Количество ДТП	Тяжесть последствий ДТП	Соблюдение графиков движения	Скорость движения потоков	Задержки	Загрязнение	Зашумление	Ландшафтные нарушения
– с участием грузовых транспортных средств		общественного транспорта	время проезда регулируемых магистралей	количество и длительность остановок на запрещающий сигнал светофора	– воздуха		
– с участием легковых транспортных средств		грузо-перевозок	средняя скорость движения потоков	Задержки из-за «пробок»	– почвы		
– с участием велосипедистов			скорость движения отдельных групп ТС (оперативный транспорт)	время перемещения средств оперативного транспорта	– воды		
– с участием пешеходов							

Таким образом, основные задачи, решаемые при помощи АСУДД – это повышение уровня безопасности дорожного движения, увеличение производительности улично-дорожной сети и уменьшение ущерба наносимого экологии в зонах централизованного управления.

Сформулируем некоторые требования к управляющим воздействиям на объект управления с точки зрения обеспечения наилучших конечных значений единичных показателей характеристик транспортной системы.

Безопасность дорожного движения

Безопасность дорожного движения является функцией многих аргументов. Основными единичными показателями данной группы являются статистические показатели количества ДТП и оценки тяжести их последствий. В результате анализа статистических данных обычно пытаются выявлять основные причины возникновения дорожных происшествий. Среди причин возникновения происшествий выделяют группы, связанные с техническим состоянием транспортных средств, состоянием и квалификацией водителя, несоблюдением правил дорожного движения и влиянием внешних условий.

Особый интерес представляет исследование взаимосвязи количества и степени тяжести ДТП от перечисленных на рис. 2 факторов по группам участников транспортного движения с участием велосипедистов, пешеходов, грузовых транспортных средств и общественного транспорта.

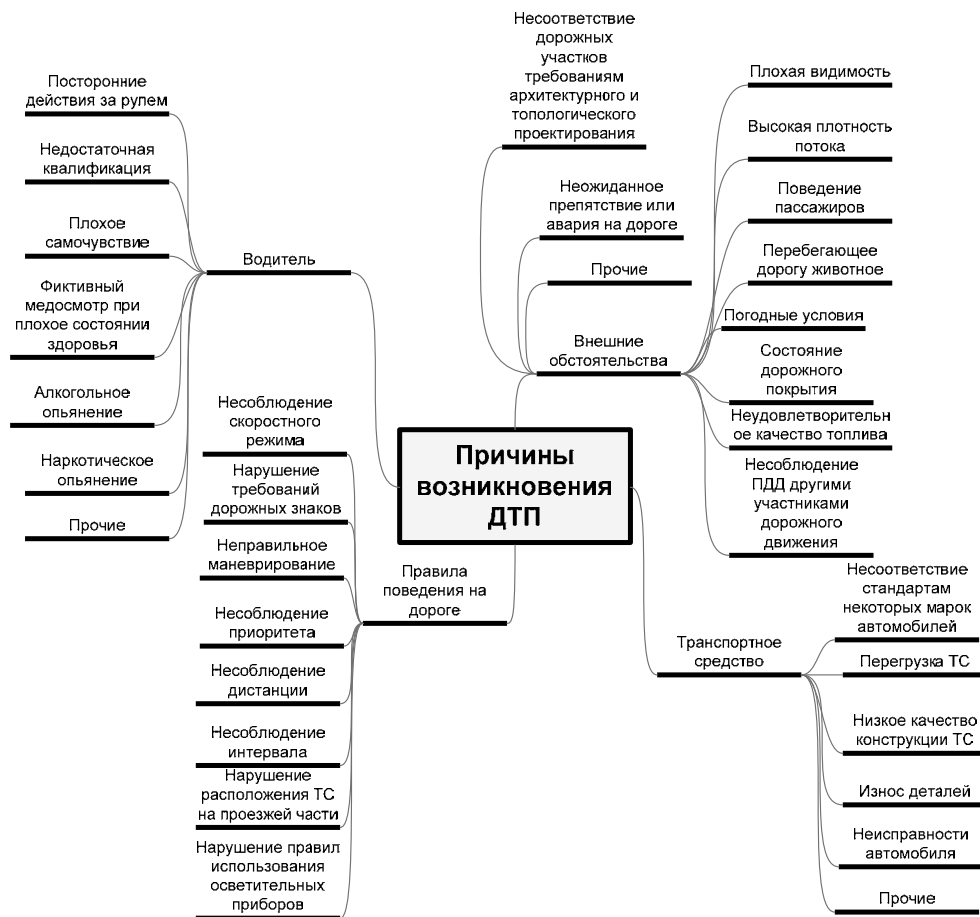


Рис. 2. Основные причины возникновения ДТП

Все ДТП в той или иной мере связаны с поведением участников движения и тем, что управляет этим поведением. Считается, что почти всегда можно указать конкретные неправильные действия или неудачный выбор действия, которое участники движения совершили незадолго до возникновения происшествия (Grime, 1987; Nordquist, 1988).

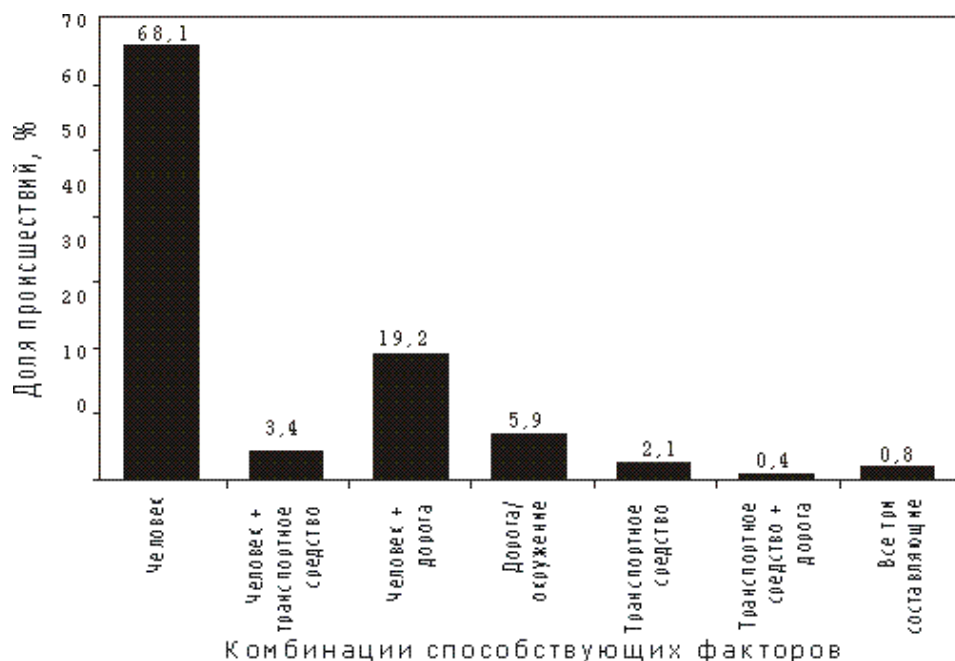


Рис. 3. Количество (в процентах) факторов, способствующих ДТП согласно исследованиям, выполненным комиссией по расследованию причин происшествий

Rumar (1985) и Broughton (1996) сопоставили результаты различных исследований способствующих факторов происшествий, выполненных комиссией по происшествиям (рис. 3). Очевидно, что человеческий фактор был решающим в 68% происшествий. Если учитывать также происшествия, в которых человеческий фактор в сочетании с другими факторами, как считалось, способствовал возникновению происшествия, эта цифра составляет 91,5% [2].

При исследовании факторов, влияющих на количество происшествий в скандинавских странах (Fridstrom, Ifver, Ingebrigtsen, Kulmala og Krogsgard Thomsen, 1993, 1995), была предпринята попытка подтвердить конкретными данными, насколько часть этих факторов способствует объяснению изменения количества происшествий с травматизмом в месяц в регионах Норвегии.

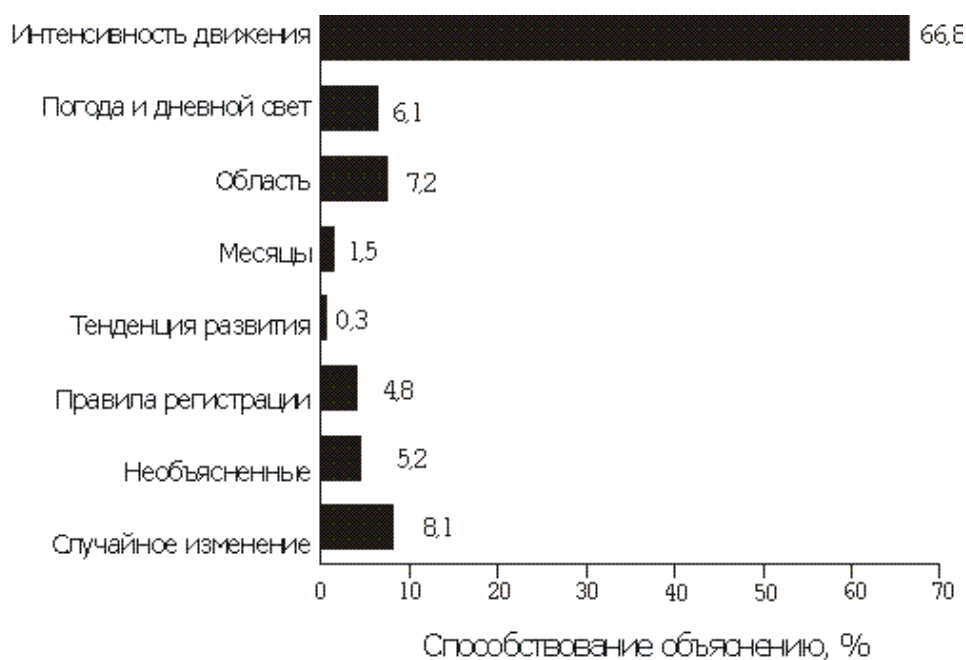


Рис. 4. Влияние различных факторов на объяснение количества происшествий с травматизмом по областям и месяцам в Норвегии в 1973–1986 гг. (Источник: Fridstrom и другие, 1993)

Интенсивность движения, измеренная на основе расхода топлива, объясняет 2/3 изменений количества происшествий. 8% изменений количества происшествий с травматизмом по областям и месяцам являются чисто случайными и не поддаются объяснению с помощью какого-либо статистического анализа. Неизвестные факторы, не входившие в число исследованных, объясняют приблизительно каждые 5% изменений количества происшествий. Остальное объясняется погодными условиями и продолжительностью дневного света, областью, где проводилось исследование, месяцем и общей тенденцией к снижению риска происшествий в исследовавшийся период [2].

Результаты этого анализа демонстрируют исключительную сложность выбора мероприятий по повышению безопасности дорожного движения и затруднительность поиска взаимосвязи между способствующими факторами.

Таким образом, интенсивность движения является важнейшим фактором для объяснения изменения количества происшествий. В частности, известно, что существует сильная корреляция между скоростью и числом ДТП, однако при этом также присутствует сильная зависимость от плотности движения, погодных условий, состояния дорожного покрытия и других факторов. Поэтому указанная зависимость не является постоянной, и единственное, что можно отметить, это факт, что статистическая функция распределения вероятности *ДТП (скорость)* не является непрерывно убывающей, но имеет экстремум. Это указывает на существование коридора допустимых значений скорости движения транспортного потока, при котором количество аварий значительно снижается.

Исследования, проведенные в США, показывают, что большое число происшествий происходит при скоростях движения около 70 км/ч и ниже. Количество происшествий уменьшается с ростом скорости, достигая минимума при 105 км/ч, после чего вновь увеличивается. Это показывает, что высокие скорости движения на трассе являются более безопасными при управлении автомобилем, чем низкие и чрезмерно высокие [3].

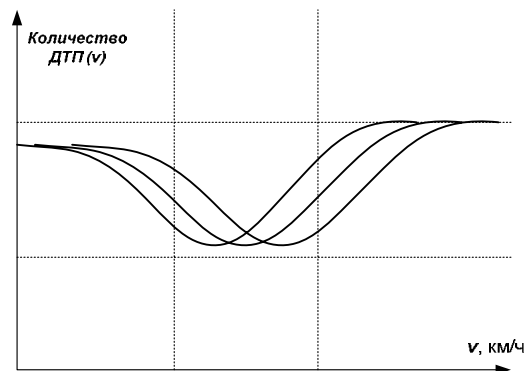


Рис. 5. Семейство кривых: количество ДТП (v)

При этом влияние городских условий и внешних факторов приводят к изменению рекомендуемого интервала выбора скорости движения, однако характер зависимости остается неизменным. Само же значение скорости сказывается не только на количестве происшествий, но и на степени их тяжести, что в конечном итоге и служит одним из индикаторов безопасности дорожного движения.

С позиции формирования управляющих воздействий следует отметить основные требования, выдвигаемые по отношению к безопасному движению в транспортной системе:

- 1) скоростные ограничения – соблюдение скоростных рекомендаций для транспортного потока из заданного интервала допустимых значений ($x_1 \leq v \leq x_2$), для указанного района;
- 2) равномерное движение – обеспечение режима равномерного движения транспортных средств;
- 3) ограничение количества маневров – управление возможностью перестроений и выполнения поворотов/разворотов на потенциально опасных участках трасс;
- 4) контроль интервала и дистанции – автоматизированный контроль за удержанием заданных значений интервала и дистанции потока транспортных средств для текущей средней скорости движения;

- 5) управление слиянием потоков – контроль и светофорное регулирование объединения транспортных потоков;
- 6) сортировка транспортных потоков – отделение некоторых групп участников движения (например, велосипедистов, пешеходов) от общего транспортного потока в определенных областях.

Производительность транспортной системы

Характеристика производительности объекта управления выбрана как предоставляющая исчерпывающее понятие о потребностях транспортной системы с точки зрения времени проведенного в пути и заимствована из предметной области вычислительных систем.

Основным показателем данной группы является время перемещения (travel time) до пункта назначения в рамках городской автодорожной системы. На сегодняшний день ограниченные возможности автоматизированных средств контроля не позволяют осуществлять наблюдение за показателем времени перемещения всего городского автомобильного парка. Поэтому измерение производительности объекта управления можно осуществлять на основании контроля показателей статистически репрезентативной выборки транспортных потоков.

Одна из основных возможностей в этой области – это мониторинг маршрутного транспорта. Здесь более уместно говорить не о производительности в чистом виде, а о целевой функции достижения максимума соответствия целевому назначению качества услуг. Характерной особенностью данной группы участников движения является постоянство пары точек следования (пункты исходной отправки и назначения) и постоянство маршрута движения. Еще одной особенностью является степень охвата территории города картой движения маршрутных транспортных средств. К указанной категории относятся различные виды общественного транспорта (троллейбусы, автобусы, трамваи, маршрутные такси, таксобусы) и некоторая часть грузового транспорта (грузовой транспорт, обеспечивающий доставку товаров по установленным маршрутам).

Выбор конкретных показателей, которые должны быть включены в систему мониторинга, зависит в первую очередь от целей самой системы. Среди других соображений – расходы на сбор надежных и адекватных данных, их доступность, возможные последствия анализа именно данной информации и полная управляемость системой.

Измеряя среднее время прохождения транспортным средством маршрута в определенные часы, можно получить косвенное представление об уровне загрузки улично-дорожной сети и охарактеризовать эффективность управляющих воздействий. В качестве единичных показателей данной группы можно выделить: время прохождения транспортным средством установленного маршрута, соблюдение временного графика следования по маршруту, средний расход топлива на маршруте. В то время как единичный показатель времени прохождения транспортным средством маршрута является комплексным индикатором количества задержек в пути и средней скорости, показатель соблюдения графика следования дает возможность оценить равномерность движения. Наиболее ценной статистической информацией является наличие графиков распределения во времени (суточный цикл) показателей времени перемещения и соблюдения графика движения по различным категориям маршрутных транспортных средств.

Полной противоположностью маршрутного транспорта является группа средств оперативного транспорта. В этом случае начальные и конечные пункты следования заранее неизвестны, как не установлен и строго определенный маршрут движения. Однако, наблюдая за динамикой передвижения транспортного средства, можно оценить равномерность и скорость его передвижения на различных участках и делать выводы о текущей загрузке городских улиц. На примере оперативных транспортных средств или такси можно рассматривать модели передвижения частного автотранспорта, в большинстве своем не являющегося маршрутным. Возможными единичными показателями являются средняя скорость движения или время перемещения средств оперативного транспорта.

Наконец о производительности транспортной системы можно судить на основании собираемой информации о транспортных потоках в ключевых точках городской дорожной топологии. Показатель количества остановок на запрещающий сигнал светофора отражает ситуацию с согласованностью режимов движения. При реализации «зеленых волн» среднее

число остановок будет заметно снижаться. Кроме того, возможно использование таких показателей, как среднее время ожидания на запрещающий сигнал светофора и время проезда управляемых магистралей. Средняя скорость движения транспортных потоков, их интенсивность и плотность могут определяться непосредственно путем измерения при помощи соответствующих систем либо вычисляться косвенно на основании сведений по приводимым выше единичным показателям.

С системных позиций возможно разделить итоговую оценку группы показателей производительности городской транспортной системы на две части – (1) комплексный показатель производительности системы, связанный с оценкой динамики потоков транспортных средств и (2) комплексный показатель, основывающийся на максимальном соответствии целевого назначения качеству услуг для отдельных категорий участников дорожного движения.

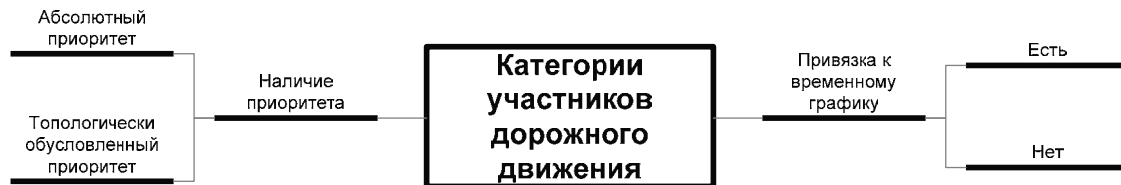


Рис. 6. Критерии выделения единичных показателей по группам для отдельных категорий участников дорожного движения

Рассматривая показатели оценки соответствия целевого назначения по категориям участников дорожного движения, при наблюдении за передвижениями маршрутного транспорта по улично-дорожной сети города принято использовать следующие единичные показатели [4]:

Показатель надежности перемещения точно по графику

Количественно данный показатель выражается через время поездки $\Delta\tau_i$ – время перемещения пассажиров общественным транспортом по маршруту l из пункта отправления в пункт назначения. Оптимальность времени поездки $\Delta\tau_i^{opt}$ определяется с учетом принимаемого оптимального числа заявок от пассажиров на перемещение i -м видом транспорта по определенному маршруту l .

Показатель надежности перемещения по графику может быть определен по формуле:

$$S_i = \frac{\Delta\tau_i^{real}}{\Delta\tau_i^{opt}}, \tag{4}$$

т.е. представляет собой отношение фактически затрачиваемого времени перемещения по маршруту к планируемому времени.

Показатель доступности

В основе определения данного показателя лежит частота движения общественного транспорта ω_i – количество передвижений n_i подвижного состава i -го вида общественного транспорта по определенному маршруту l за условный период времени ΔT :

$$\omega_{il} = \frac{n_{il}}{\Delta T}. \tag{5}$$

Показатель доступности i -го вида общественного транспорта на конкретном маршруте может быть определен следующим образом:

$$A_{il} = \frac{\omega_{il}^{real}}{\omega_{il}^{opt}}. \tag{6}$$

Критерии оценки различных качественных аспектов услуг таких, как процент автобусов, укладываемых в расписание, процент маршрутов с пересадками, число дорожно-транспортных происшествий, процент сбоев в работе транспорта имеют критическое для производительности значение, отражая связь между затратами, объемом и качеством услуг [4].

Основные требованиями связанные с увеличением производительности транспортной системы:

- 1) увеличение скорости транспортных потоков;
- 2) уменьшение числа и продолжительности остановок;
- 3) отделение грузопотоков и транзитного транспорта.

Экологическая безопасность

Характеристика экологической безопасности транспортной системы обычно не является первостепенной на ранних этапах развития, но неизменно приобретает высокую значимость с ростом количества транспортных средств. Наносимый транспортом экологический ущерб может быть условно разделен на несколько категорий – загрязнения окружающей среды, шумление и ландшафтные нарушения.

В настоящее время существует достаточно много показателей качества отдельных компонентов окружающей среды. Наиболее разработанными являются показатели качества для атмосферного воздуха и воды. Для атмосферного воздуха часто используются: ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей; СИ – наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на предельно допустимую концентрацию (ПДК); НП – наибольшая повторяемость (в процентах) превышения ПДК одной из примесей за месяц или за год. Аналогичным показателем для воды является известный ИЗВ – индекс загрязнения воды, представляющий собой среднее от суммы измеренных концентраций, деленных на ПДК для приоритетных загрязнителей [5].

Нормой городского шумового фона считается уровень в 40-60 дБ. На практике, акустические нагрузки часто значительно превышают указанную норму.

Таблица 2. ПДК токсичных компонентов отработавших газов автотранспорта [6]

Вещество	ПДК, мг/м		
	максимальная разовая	среднесуточная	рабочей зоны
монооксид углерода	5	3	20
монооксид углерода	5	3	20
оксид азота	0,6	0,06	10
диоксид азота	0,085	0,04	2
углеводороды	5	1,5	100
бензин (в пересчете на углерод)	5	1,5	100
<i>Альдегиды:</i>			
акролеин	0,03	0,03	0,2
формальдегид	0,035	0,003	0,5
ангидрид сернистый	0,5	0,05	10,0
свинец	0,0003	0,0003	0,01
бенз(а)пирен	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
сажа	0,15	0,05	4,0

Режим работы двигателей транспортных средств меняется при остановках у светофоров, резком увеличении скорости при обгоне, подъеме на крутых участках дороги, значительно насыщая атмосферу отработанными газами автомобилей. Установлено, что токсичность выхлопных газов особенно велика в момент запуска и прогрева, но не одинакова и при разных режимах работы двигателей. Работа двигателя на холостом ходу – самый опасный режим с точки зрения токсичности [5].

В Российской Федерации предельная скорость движения автомобиля в городе установлена в пределах 60 километров в час. Это связано с требованиями безопасности, но именно на такую скорость приходится также и минимум вредных выбросов. Если скорость резко увеличивается или уменьшается, выбросы в атмосферу возрастают более чем в два раза. В выхлопных газах при нормальном режиме работы двигателя автомобиля с использованием обычного бензина содержится в среднем 2,7% окиси углерода. Со снижением скорости автомобиля эта доля увеличивается до 3,9%, а на малой скорости – до 6,9% [7].

Основные требования к управляющим воздействиям на объект управления с точки зрения экологической безопасности состоят в обеспечении:

- 1) непрерывного равномерного движения потоков транспортных средств со скоростью 60 км/ч;
- 2) создания ограничений на въезд в отдельные зоны;
- 3) разделения потоков по массе и количеству вредных выбросов.

Одна из проблем, связанных со сбором и обработкой данных по единичным показателям экологической безопасности – это сложность определения доли негативных последствий, создаваемых именно транспортными потоками.

Поскольку дорожная ситуация постоянно меняется даже без изменения режима управления, а именно изменяется количество и состав участников транспортного движения, спрос на перемещение, профили транспортных потоков, топология улично-дорожной сети, окружающие условия, динамические «узкие места» и пр., вместе с ней меняются и характеристики транспортной системы, а значит и эффективности управления. Тем самым, задача повышения эффективности управления дорожным движением решается путем выявления управляющих воздействий, приводящих к улучшению комплексных характеристик в рамках выделенных групп.

Таблица 3. Взаимосвязь параметров управления и характеристик транспортной системы

Характеристики объекта управления Параметры управления	Безопасность дорожного движения	Производительность транспортной системы	Экологическая безопасность
скорость транспортного потока	скоростные ограничения $x_1 \leq v \leq x_2$	увеличение скорости	равномерное движение со скоростью 60 км/ч
возможные направления движения потока	ограничение количества маневров	беспрепятственный выбор маршрутов движения	ограничение доступа в некоторые районы города
возможности разделения/объединения потоков	управление слиянием потоков	–	–
сортировка потока по категориям участников движения	отделение велосипедистов и пешеходов от общего транспортного потока	отделение тяжелого грузового и транзитного транспорта	отделение тяжелого грузового, транзитного транспорта и транспортных средств с недопустимыми ПДК
регулярность следования потока	максимально равномерное движение	максимально равномерное движение	максимально равномерное движение

Одна из основных проблем решения указанной задачи состоит в том, что улучшение одних показателей может сопровождаться ухудшением показателей других групп.

С позиций возможностей оперативного вмешательства в сложившуюся транспортную ситуацию и управления ей в реальном режиме времени, интерес представляет только группа характеристик производительности транспортной системы, так как представители остальных групп характеристик являются более инерционными и требуют предварительного сбора и накопления статистических данных.

Условия измерения характеристик объекта управления

Сопоставление внешних проявлений до и после внедрения системы централизованного контроля и управления требуется осуществлять при максимальном подобии режима работы, т.е. равных нагрузочных условиях, равноценном времени сравнения, сохранении фактора сезонности и пр. Должны сохраняться неизменными топологическая карта городской транспортной сети, количество и состав объектов дорожной инфраструктуры, центров притяжения (аттракторов) и средств управления.

Также должно обеспечиваться наибольшее подобие в воссоздании условий измерения – данные снимаются в тех же точках, в том же объеме, теми же средствами измерений, с той же точностью и с тем же периодом измерений.

Модель оценки эффективности АСУДД по изменению характеристик объекта управления

На практике оценка эффективности АСУДД может осуществляться на основании сравнения внешних результатов внедрения системы с предыдущей дорожной ситуацией. Необходимо принять во внимание, что транспортная система города не лишена управляющих элементов и на стадии, предшествующей появлению АСУДД, поэтому вполне уместно говорить не о возникновении рычагов управления, а о переходе от децентрализованной системы к централизованной системе управления.

В общем виде системы такого класса принято оценивать с помощью показателя потерь. Для рассматриваемого случая показатель потерь будет иметь вид (разница потерь составит):

$$C = W_0 - W, \quad (7)$$

где W – показатель средних потерь, имеющих место при использовании автоматизированной системы централизованного контроля и управления; W_0 – показатель средних потерь, когда управление городским дорожным движением осуществляется без вмешательства АСУДД.

Тогда в любом случае $W_0 \geq W$.

Тогда, логично предположить, что оценивать эффективность АСУДД можно следующим образом:

$$\Phi = 1 - \frac{W}{W_0} = -\frac{C}{W_0}. \quad (8)$$

Количественная оценка потерь на практике по нанесенному размеру экологического, логистического ущерба и последствиям ДТП представляет собой отдельную задачу, для решения которой требуется привлечение экспертов в соответствующих областях. Поэтому величину средних потерь W_0 , в случае, когда процесс ведется без использования системы контроля и управления, можно принять за единицу, а средние потери, возникающие при использовании системы – нормировать.

Тогда,

$$\Phi = 1 - W. \quad (9)$$

Приведенная оценка эффективности АСУДД по изменению характеристик объекта управления является объективной, однако она не учитывает состояния самой системы управления. Если АСУДД будет пребывать некоторое время в неисправном или неработоспособном состоянии, то очевидно, что эффективность ее функционирования будет заметно снижаться. Однако при дальнейшем анализе ситуации не будет известна причина подобного поведения показателя, т.к. снижение эффективности может быть вызвано как низкой точностью измерений системы контроля, неадекватными управляющими воздействиями, отказом части функциональных элементов системы, так и любыми иными причинами.

Поэтому по аналогии с подходом, используемым для оценки систем централизованного контроля и управления [8]:

$$W = \int_{G_{\psi}} w(\psi) dP(\psi), \quad (10)$$

где G_{ψ} – множество возможных состояний системы; $P(\psi)$ – функция распределения ее состояний; $w(\psi)$ – функция, определяющая экономические потери в зависимости от возможных состояний.

При изложенном способе оценки эффективности АСУДД не рассматривается вопрос стоимости достижения результатов изменения характеристик объекта управления. Бесспорно, для принятия решений о выборе типа и масштаба реализации АСУДД, необходимо принимать во внимание экономическую рентабельность инвестиций в ликвидацию негативных явлений транспортной системы города.

Литература

- [1] Шишкин И.Ф., Станякин В.М. *Квалиметрия и управление качеством: Учебник для вузов*. М.: Изд-во ВЗПИ, 1992.
- [2] Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. *Справочник по безопасности дорожного движения. Обзор мероприятий по безопасности дорожного движения* / Пер. с норв. Под ред. проф. В.В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2001. 754 с.
- [3] Иванов В.Н. *Азбука безопасного вождения. Штрафы в России и за рубежом*. М.: АСТ, 2005.
- [4] Миротин Л.Б. и др. *Логистика: общественный пассажирский транспорт: Учебник для студентов экономических вузов* / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. М.: Экзамен, 2003. 224 с.
- [5] Музалевский А.А. *Новые подходы к решению проблемы обеспечения экологической безопасности окружающей среды на основе экологической парадигмы*. 14.11.03 – http://www.eatc.ru/rus/doc_id_1032.book_32.php, 15.09.05.
- [6] *Предельно допустимые концентрации: Сборник законодательных нормативных и методических документов для экспертизы воздухо-охранительных мероприятий*. Л.: Гидрометеиздат, 1986. С. 56–100.
- [7] Ахмедов А. *О воздухе нашего города* – http://www.echo-az.com/archive/2004_11/950/tochka01.shtml, 15.09.05.
- [8] Жданов В.С. *Статистические методы проектирования автоматизированных систем централизованного контроля и управления*. М.: Энергия, 1976.
- [9] Буслав А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В. *Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения* / Под ред. чл.-корр. РАН В.М. Приходько. М.: Мир, 2003.