# Система поддержки принятия решений на базе экспертного анализа технико-экономических показателей «выбор трассы»

Ю.А. Земцова, Е.Л. Маслов

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

Рассматриваются вопросы автоматизации предпроектной деятельности дорожного отдела ОАО «ИркутскгипродорНИИ», а именно автоматизация расчетов для экспертного выбора наилучшего варианта строительства дороги по комплексу технико-экономических показателей и вывод качественных визуальных результатов. Исходя из анализа существующих проблем сравнения вариантов строительства дороги, четко определена требуемая функциональность будущей информационной системы, определен тип и вид входной и выходной информации, дано полное объяснение используемых решений. Также проведен краткий анализ существующих решений и обоснование разработки новой системы. Подробно расписаны модули информационной системы, принцип их работы и определен инструментарий, необходимый для разработки системы. Представлен вид графиков скоростей и коэффициентов аварийности, а также сводной таблицы технико-экономических показателей. Указаны достоинства разрабатываемой системы и планируемые результаты внедрения.

ОАО «ИркутскгипродорНИИ» является ведущей проектной организацией региона в области проектирования дорог различного назначения и сопутствующей инфраструктуры. Одним из основополагающих этапов в строительстве является сбор первичной информации о местности, в районе которой планируется строительство. Сотрудники отдела геологических исследований «ИркутскгипродорНИИ» выезжают на место будущей трассы и проводят необходимые изыскания, по итогам которых осуществляют лабораторные испытания и выявление качественных показателей. На основании этих данных проектируют несколько вариантов строительства дороги, как правило, не больше пяти.

Варианты плана трассы наносятся на карте по заданным пунктам А, Б и др. в соответствии с техническими требованиями и с учетом выявленных характеристик рельефа местности [5]. На основе вариантов плана строят сокращенные продольные профили и заполняют ведомости по объемам работ.

Следующим этапом является выбор наилучшего варианта строительства трассы, в рамках которого проводится экспертный анализ вариантов по целому комплексу показателей: общестроительных, технико-эксплуатационных, транспортно-эксплуатационных, экономических.

В настоящее время в дорожном отделе «ИркутскгипродорНИИ» в целях экономии времени и трудозатрат для сравнения вариантов трассы рассчитываются только общестроительные показатели, а остальными показателями пренебрегают. В расчетах задействовано несколько отделов, что сказывается на увеличении времени решения задачи. Кроме того, расчеты производятся вручную, что увеличивает трудоемкость задачи. Такие технические показатели как коэффициент развития трассы, средняя величина угла поворота в радианах, средний радиус закругления, относительная длина трассы с продольными уклонами i £30‰, условный средний уклон в прямом и обратном направлении либо совсем не определяются и не сравниваются варианты по этим показателям, либо рассчитываются вручную. Расчеты производят исходя из минимальной стоимости строительства и эксплуатации, что, в свою очередь, имеет большую долю погрешности, так как многие качественные показатели трассы (пассажирооборот, коэффициент аварийности, средняя скорость движения) при расчетах не учитываются. Следовательно, существует необходимость автоматизации расчетов показателей в полном объеме, включая общестроительные, технико-эксплуатационные, транспортно-эксплуатационные и экономические, исходя из качественных показателей спроектированных вариантов строительства дороги.

Для анализа вариантов строительства трассы также необходимы графики коэффициентов аварийности и графики скоростей в прямом и обратном направлении. В свою очередь, для предоставления отчета по проделанной работе руководству необходимо наглядно и просто представить результаты анализа и построить накопительные диаграммы затрат. В настоящее время автоматизировано лишь построение графиков скоростей, в которых и только в них содержится необходимая информация для расчета средней скорости движения.

Информация о земляных работах, используемая для расчетов, хранится в ведомостях различной структуры. Ведомости заполняются при работе с программным продуктом Robyr, у которого нет открытого API для программного взаимодействия с ним. Также существует проблема непостоянства структуры и содержания ведомостей вследствие смены версий программного продукта Robyr и человеческого фактора. Поэтому необходимо организовать работу с некоторыми шаблонами входных документов, в задачи которых входит хранение структуры и семантики входных документов.

Для расчета будущих затрат на строительство варианта дороги необходимо знать существующие расценки сметной стоимости проведения соответствующих работ. В настоящее время каждый раз при расчетах показателей составляется заявка, где перечисляются все необходимые расценки. Заявка направляется в сметный отдел, где осуществляется расчет расценок. Расценки сметной стоимости нигде не хранятся, что приводит к излишнему взаимодействию со сметным отделом. Необходимо систематизировать работу с расценками сметной стоимости.

Исходя из вышесказанного, делаем вывод, что требуемая система должна решать следующие задачи:

импорт/экспорт графической информации, включающий интерпретацию графической информации;

загрузку входных документов, которая включает в себя анализ структуры и семантики документов и проверку соответствия определенным шаблонам документов;

расчет сводной таблицы технико-экономических показателей, которая включает все требуемые показатели;

формирование, хранение и редактирование таблицы расценок сметной стоимости.

В настоящее время существует несколько программных продуктов, решающих сходные задачи, а именно: «Plateia» словенской фирмы CGS; «IndorCAD/Road» томской компании ООО «ИндорСофт»; «MXROAD» компании «BENTLEY SYSTEMS», США. Данные системы решают не все требуемые задачи, в основном реализуют функции импорта/экспорта графической информации, загрузки различных ведомостей и, частично, функции построения графиков.

Интерпретация графической информации, расчет требуемых технико-экономических показателей, адаптация работы системы с входными файлами изменчивой структуры и содержания отсутствуют в данных системах. Внедрение и доработка данных систем является значительно более трудоемкой задачей, чем разработка новой информационной системы. Исходя из экономических соображений, реализация собственного программного продукта для организации будет выгоднее, чем приобретение какого-либо из перечисленных выше.

Поэтому, в рамках нашего дипломного проекта, мы разрабатываем систему поддержки принятия решений на базе экспертного анализа технико-экономических показателей «Выбор трассы», целью которой является автоматизация предпроектной деятельности отдела дорожного проектирования «ИркутскгипродорНИИ», а именно автоматизация расчетов для экспертного выбора наилучшего варианта строительства дорог по комплексу технико-экономических показателей.

Результатами внедрения информационной системы будет:

повышение качества и оперативности расчетов для экспертного анализа;

уменьшение трудоемкости решения задач;

качественное визуальное представление результатов.

уменьшение временных затрат;

снижение вероятности возникновения непредвиденных проблем (ошибки в расчетах, временные задержки, неполнота информации);

Исходными данными для выбора варианта трассы являются:

электронные таблицы в формате xls и csv: это ведомость плана трассы, ведомость продольного профиля, ведомость объемов;

файлы в формате dbf: это ведомость мостов, сводная таблица коэффициентов аварийности, ведомость ширины проезжей части и т.д.;

файлы в формате xml: это рабочие файлы с глобальной настройкой программы, шаблоны входных документов;

графические файлы AutoCAD в формате dwg: это графики скоростей в прямом и обратном направлении.

Схема работы информационной системы достаточно проста (рис. 1).



Рис. 1. Обобщенная схема работы информационной системы

Для начала работы информационной системы необходима загрузка ведомостей по объемам работ и файла с графиком скоростей. Далее осуществляется анализ входной информации, который включает интерпретацию графической информации, сбор необходимых данных и проверку соответствия входных документов требуемым шаблонам.

Результатом работы информационной системы является вывод сводной таблицы технико-экономических показателей и накопительных диаграмм суммарных приведенных затрат в Microsoft Excel, а также графиков скоростей и коэффициентов аварийности в AutoCAD.

Несмотря на наличие общей задачи, нами в рамках дипломного проекта разрабатываются следующие самостоятельные модули:

модуль импорта/экспорта графической информации в стандартном формате AutoCAD dwg и dxf;

модуль управления табличными данными системы поддержки принятия решений «Выбор трассы».

Модуль импорта\экспорта графической информации в стандартном формате AutoCAD dwg и dxf. Входной информацией являются графики скоростей в прямом и обратном направлении, а также результаты расчетов сводной таблицы технико-экономических показателей. Исходные данные поступают в формате dwg, соответственно для работы с этими данными необходимо использование технологии COM от Microsoft. В качестве языка реализации программной системы выбран C# и Microsoft .Net Framework 4.0, в качестве среды разработки используется Microsoft Visual Studio 2010. Диаграммы строятся в Excel с использование технологий .Net и COM. Таблица сметной стоимости используется для расчетов сводной таблицы и создается с помощью языка C# и технологий .Net и COM, а представляется она во внутреннем формате Excel. Входной график скоростей обладает рядом недостатков (рис. 2), а именно: в них присутствуют избыточные данные, наложение информации в рамке графика, некорректно отображена разметка осей координат, а также графики не подготовлены к печати.

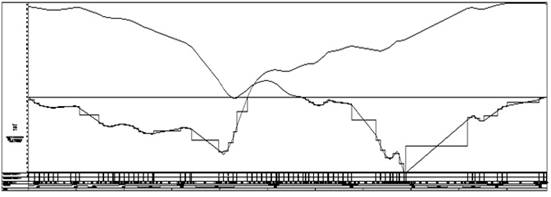


Рис. 2. График скоростей в прямом и обратном направлении,

генерируемый программным продуктом Robyr

Выходной информацией являются график коэффициентов аварийности и график скоростей в прямом и обратном направлении. Преимущества новых графиков (рис. 3) в том, что они соответствуют заявленным требованиям, а именно в них исключено наложение данных, отсутствуют не нужные для анализа данные и они уже подготовлены для печати. Также на выходе строится накопительная диаграмма итоговых, чтобы наглядно показать стоимость того или иного варианта строительства дороги. Все графики и диаграммы могут использовать для отчетности или презентаций для заказчика.

В отделе дорожного проектирования был проведен эксперимент, в ходе которого было установлено, что время обработки графической информации вручную составляет порядка 2-3 часов. После автоматизации ожидается сокращение этого времени до 5-10 минут.



Рис. 3- Графики скоростей в прямом и обратном направлении

      на выходе работы информационной системы «Выбор трассы».

Модуль управления табличными данными системы поддержки принятия решений «Выбор трассы». В настоящее время в дорожном отделе ГипродорНИИ для сравнения вариантов трассы рассчитываются только общестроительные показатели и расчеты производятся вручную, исходя из минимальной стоимости строительства и эксплуатации. Следовательно, существует необходимость автоматизации расчетов показателей в полном объеме включая общестроительные, технико-эксплуатационные, транспортно-эксплуатационные и экономические показатели, исходя из качественных показателей спроектированных вариантов.

Входная информация данной задачи представлена в виде электронных таблиц в форматах Microsoft Excel xls и csv, шаблонов документов в формате xml и файлов базы данных формата dbf (это ведомости мостов, сводная таблица коэффициентов аварийности).

Для работы с электронными таблицами Microsoft Excel используются библиотеки Microsoft .Net Framework 4.0 и технология COM, для работы c xml-документами используются средства языка программирования C#, а для работы с файлами формата dbf используется драйвер ODBC технологии ADO.NET. Расчеты технико-экономических показателей производятся по физико-математическим моделям, которые согласованы с сотрудниками дорожного отдела ГипродорНИИ. Полученные данные представляются во внутреннем формате Microsoft Excel. В качестве среды разработки используется Microsoft Visual Studio 2010.

Выходной информацией задачи является сводная таблица технико-экономических показателей в формате xls (см. таблицу). В ходе предварительных исследований было установлено, что в данный момент в процессе расчетов сводной таблицы участвуют сметный отдел, отдел дорожного проектирования, отдел обоснования инвестиций. Большое количество отделов оказывает существенное влияние на увеличение времени решения задачи и уменьшение качества результатов. В результате проведенного эксперимента было установлено, что процесс расчета сводной таблицы занимает порядка 2-х недель, после автоматизации ожидается сокращение этого времени до 15-20 минут.

Сводная таблица технико-экономических показателей

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Измеритель | Вариант | | | | |
| I | П | III | IV | V |
| 1. Общестроительные | | | | | | |
| 1.1. Общий объем земляных работ | 100 м3 | 1121 | 1374 | 1222 | 1043 | 986 |
| 1.2. Сметная стоимость возведения земляного полотна | тыс, р | 2,1 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| 1.5. Затраты на устройство искусственных сооружений | тыс. р | 2326 | 3659 | 2145 | 1611 | 2731 |
| 1.5. Затраты на устройство дорожной одежды | тыс. р | 2106 | 2529 | 2345 | 1911 | 2231 |
| 1.6. Прочие затраты | тыс. р | 205 | 167 | 240 | 198 | 188 |
| 1.7. Общая стоимость строительства | тыс. р | 11386 | 14956 | 13642 | 11135 | 12977 |
| 1.8. Средняя стоимость на 1 км | тыс. р | 365 | 346 | 403 | 323 | 376 |
| 2. Технические и транспортно – эксплуатационные | | | | | | |
| 2.1. Общая длина трассы | км | 112 | 126 | 109 | 123 | 145 |
| 2.2.Коэффициент развития трассы | - | 1,2 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 1,1 |
| 2.3. Средняя величина угла поворота | рад | 41°12' | 23°52' | 37°32' | 32°42' | 36°52' |
| 2.4. Средний радиус закругления | М | 362 | 432 | 322 | 230 | 200 |
| 2.6. Миним. поворота и их количество | м/шт | 324/3 | 250/2 | 245/3 | 350/2 | 270/2 |
| 2.7. Максим. поворота и их количество | м/шт | 1100/3 | 960/3 | 1050/2 | 1000/2 | 990/2 |
| 2.8. Участки с наличием дополнительной полосы на подъеме | кол/км | 4/359 | 7/860 | 8/780 | 5/340 | 4/370 |
| 2.11. Среднее значение скорости движения | км/ч | 65 | 68 | 62 | 64 | 66 |
| 2.12. Среднее время пробега одного автомобиля | ч/мин | 1/46 | 2/05 | 1/38 | 2/10 | 2/23 |
| 3. Экономические | | | | | | |
| 3.1. Годовые транспортно – эксплуатационные расходы | тыс. р | 7920 | 6890 | 6740 | 7390 | 9875 |
| 3.2. Потери от ДТП на расчетный год Эав | тыс. р | 1982 | 1608 | 2244 | 1056 | 932 |
| 3.3. Суммарные приведенные затраты | тыс. р | 24695 | 22311 | 2350 | 19583 | 22236 |

Вывод. Информационная система «Выбор трассы» позволит решить все требуемые задачи оперативно и качественно. Более того, качественная визуализация результатов анализа послужит основой для отчетности заказчику строительства. Трудозатраты, связанные с расчетом сводной таблицы технико-экономических показателей и построением графиков коэффициентов аварийности и графиков скоростей, в среднем снизится на 65 %.

Список литературы

ГОСТ 19701-90 (ИСО 5807-85). Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила оформления.

ГОСТ 84.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы управления. Автоматизированные системы. Стадии создания.

ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.

СТО ИрГТУ 005-2009. Система менеджмента качества. Учебно-методическая деятельность.

СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги (утв. постановлением Госстроя СССР от 17 декабря 1985 г.).