

Оценка эффективности автоматизированного поиска оптимального маршрута вывозки древесины с учетом возникающих рисков

А.П. Мохирев, В.В. Дрягин

Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета

Аннотация: В статье рассмотрен предлагаемый показатель эффективности внедрения системы автоматизированного поиска оптимального маршрута вывозки древесины. Приведен пример оценки диспетчеризации процесса вывозки лесоматериалов с лесосек, с примером расчетов для двух случаев. Сделаны выводы о возможности его применения для оценки эффективности информационных систем.

Ключевые слова: логистика, транспортировка древесины, информационные системы, оптимальный маршрут, экономическая эффективность, условная прибыль.

Преодоление кризисной ситуации в лесной промышленности невозможно без применения современных достижений науки и техники. Научная среда, рынки программного и аппаратного обеспечения наполнены предлагаемыми решениями в области информатизации различных областей деятельности предприятий заготавливающих и обрабатывающих древесину [1-5]. Существуют программные пакеты, технические средства, теоретические методики и алгоритмы, позволяющие автоматизировать подготовку и расчеты документации любой сложности, планировать и контролировать деятельность, как целых цехов, так и отдельных рабочих и станков. Но при этом текущее оснащение современными достижениями научно-технического прогресса большинства предприятий лесной промышленности остается на очень низком уровне.

Основной причиной этого является с одной стороны нежелание высшего руководства предприятий вносить какие-либо изменения требующие определенных рисков и затрат, а с другой - невозможность разработчикам точно оценить эффективность своего продукта [6,7].

Сравнение прибыли до и после начала использования каких-либо средств не может являться достоверным показателем их эффективности, так как на варьирование затрат и доходов могут повлиять множество внешних факторов, не касающихся примененного решения. В работе предлагается рассмотреть идею сравнения математического ожидания прибыли в двух случаях, - в случае с применением программного и аппаратного обеспечения, и без, с целью оценки эффективности его внедрения, основываясь на расчете предполагаемого влияния каких-либо событий или факторов, и их вероятностей. Исследования проводились с использованием географической информационной системы «Лес-оптима» [8,9].

Предположим, что на предприятии планируется провести диспетчеризацию перевозок лесоматериалов. На лесовозы установлена навигационная система, позволяющая отслеживать их текущее расположение, корректировать маршрут, и вести обратную связь с водителем. Также создано рабочее место, оснащенное автоматизированной информационной системой, на котором будет вестись контроль запасов лесоматериалов на лесосеках и их движения. Пусть $k=0$, будет базовый вариант, при котором отсутствуют запланированные мероприятия, а $k=1$ - вариант с проведенным внедрением системы диспетчеризации (при нескольких вариантах систем k может иметь более широкий диапазон значений).

Анализируя данные от достоверных источников (архивы метеорологических станций, отчеты МЧС) по чрезвычайным происшествиям разного характера (аварийности, метеорологическим явлениям и т.д.) производится расчет их вероятности p_i , и экспертная оценка влияния на затраты и условный доход. Под условным доходом будем понимать доход, который можно получить, продав вывезенные лесоматериалы на месте разгрузки лесовозов. Так, например, такое вероятное событие как ливневые

дожди может временно привести в непригодность участки дороги, заставляя водителей самостоятельно «вслепую» искать пути объезда, тем самым поднимая затраты на вывозку. Или, такое менее вероятное событие, как лесной пожар, приведет к значительному снижению условного дохода или к полной потере лесоматериалов.

Возвращаясь к первому примеру, рассмотрим случай с двумя лесосеками, ниже обозначенные как пункты вывозки $j=1$ и $j=3$, на которых хранится $Q_1=187 \text{ м}^3$ и $Q_3=644 \text{ м}^3$ лесоматериалов соответственно. В наличии у диспетчера имеется карта с расположением этих лесосек, пункта назначения вывозки и сетью дорог (рис. 1).



Рис. 1. - Карта с расположением лесосек, пункта назначения вывозки и сетью дорог

По этим данным, информационная система выстраивает сетевую модель для поиска оптимального маршрута (рис. 2). Пронумерованными окружностями на рисунке показаны вершины - перекрестки, кроме 1, 3 - это лесосеки или отправочные пункты, и 31 - пункт доставки. Участки дорог показаны линиями, соединяющими окружности, с указанием расстояния между ними в километрах.

Такая модель позволяет посредством простого алгоритма найти наикратчайший маршрут от лесосек до пункта доставки [10-13].

Условная прибыль УП при i -м событии для j -й лесосеки в k -м варианте системы находится по формуле (1).

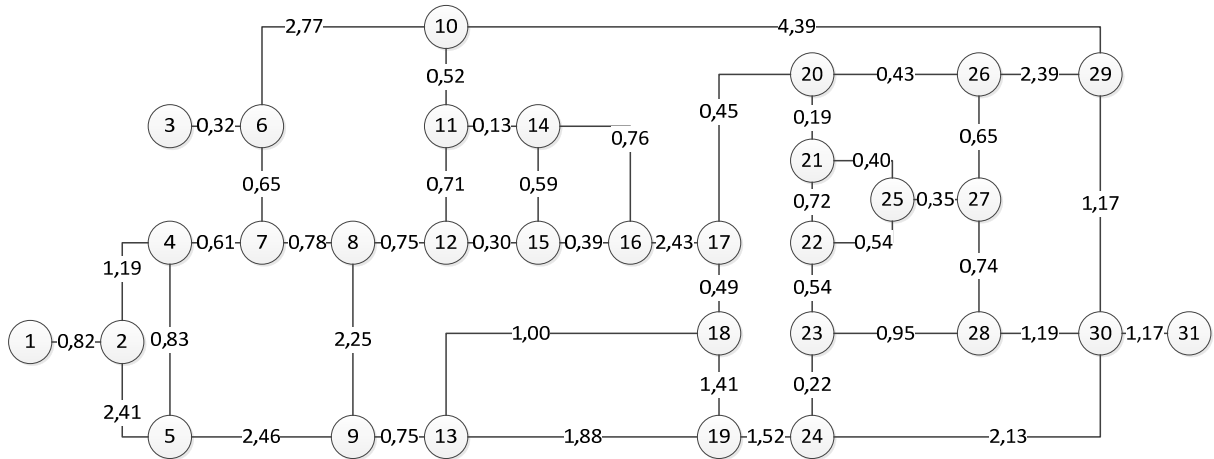


Рис. 2. - Сетевая модель для поиска оптимального маршрута

$$УП_{ijk} = Q_j \cdot C_{др} - (З_j + L_{ijk} \cdot Q_j \cdot C_B), \quad (1)$$

где Q_j - объем хранимых на j -й лесосеке лесоматериалов, $м^3$; $C_{др}$ - стоимость древесины, руб/ $м^3$; $З_j$ - затраты на заготовку на j -й лесосеке, руб; L_j - расстояние вывозки при i -м событии от j -й лесосеки до пункта доставки в k -м варианте системы, км; C_B - стоимость вывозки, руб/км · $м^3$.

Показатель ожидаемого значения условной прибыли для j -й лесосеки в k -м варианте системы на основании всех рассмотренных событий определяется по формуле (2).

$$ОУП_{jk} = УП_{0jk} \cdot p_0 + \sum_{i=1}^n УП_{ijk} \cdot p_i \quad (2)$$

При этом вероятность базового варианта p_0 рассчитывается по формуле (3).

$$p_0 = 1 - \sum_{i=1}^n p_i \quad (3)$$

где n - количество рассмотренных при оценке событий; i - номер события; p_i - вероятность i -го события.

Для упрощения расчетов, опускаем не имеющие значения в данном примере, расчеты затрат на заготовку, принимаем равными $Z_1=88\ 427$ руб и $Z_3 = 306\ 462$ руб для 1 и 3 отправочного пункта соответственно, стоимость вывозки равную $C_v=3,5 \frac{\text{руб}}{\text{км} \cdot \text{м}^3}$, и условную стоимость древесины $C_{др}=600$ руб/м³.

Рассмотрим событие $i=0$, вероятность которого p_0 рассчитывается по формуле (3), находящееся вне зависимости от варианта системы, когда все участки дороги доступны, получаем два оптимальных маршрута:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 12 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 20 \rightarrow 21 \rightarrow 25 \rightarrow 27 \rightarrow 28 \rightarrow 30 \rightarrow 31,$$
$$3 \rightarrow 6 \rightarrow 10 \rightarrow 29 \rightarrow 30 \rightarrow 31,$$

расстояние вывозки, при которых составят $L_{010}=L_{011}=11,76$ км и $L_{030}=L_{031}=9,82$ км.

Предположим, что в результате продолжительных сильных дождей, вероятность возникновения которых, в районе вывозки по архивным данным ближайшей метеостанции за последние 5 лет, составляет $p_1 = 0,035$, участки дороги $28 \rightarrow 30$ и $29 \rightarrow 30$ стали временно не пригодными к эксплуатации. Очевидно, не имея в своем распоряжении такой информации, достигнув этих участков дороги, водители изменяют свои маршруты на следующие:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 12 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 20 \rightarrow 21 \rightarrow 25 \rightarrow 27 \rightarrow 28 \rightarrow 23 \rightarrow 24 \rightarrow 31,$$
$$3 \rightarrow 6 \rightarrow 10 \rightarrow 29 \rightarrow 26 \rightarrow 27 \rightarrow 28 \rightarrow 23 \rightarrow 24 \rightarrow 30 \rightarrow 31.$$

Расстояния вывозки составят $L_{110}=13,87$ км и $L_{130}=15,73$ км.

Получив информацию об этих участках заранее, можно спроектировать другие маршруты:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 12 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 20 \rightarrow 21 \rightarrow 22 \rightarrow 23 \rightarrow 24 \rightarrow 30 \rightarrow 31,$$
$$3 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 12 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 20 \rightarrow 21 \rightarrow 22 \rightarrow 23 \rightarrow 24 \rightarrow 30 \rightarrow 31$$

Полученные расстояния вывозки, равны $L_{111}=12,69$ км и $L_{131} = 11,04$ км.

Рассмотрим ещё одно событие с предполагаемой вероятностью $p_2 = 0,01$, при котором вышли из строя участки $6 \rightarrow 7$, $7 \rightarrow 8$, $10 \rightarrow 29$, $17 \rightarrow 18$, $25 \rightarrow 27$, $27 \rightarrow 28$. Измененные без предварительных данных маршруты будут иметь расстояния $L_{210} = 14,5$ км и $L_{230} = 13,84$ км:

$1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 9 \rightarrow 13 \rightarrow 18 \rightarrow 19 \rightarrow 24 \rightarrow 30 \rightarrow 31$,

$3 \rightarrow 6 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 14 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 20 \rightarrow 26 \rightarrow 27 \rightarrow 26 \rightarrow 29 \rightarrow 30 \rightarrow 31$.

Оптимальные маршруты с расстояниями $L_{211}=13,14$ км и $L_{231}=12,14$ км:

$1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 9 \rightarrow 13 \rightarrow 19 \rightarrow 24 \rightarrow 30 \rightarrow 31$,

$3 \rightarrow 6 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 14 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 20 \rightarrow 21 \rightarrow 22 \rightarrow 23 \rightarrow 28 \rightarrow 30 \rightarrow 31$.

Рассчитаем показатель ожидаемого значения условной прибыли на основании двух рассмотренных событий по формулам (1, 2) и сведём полученные значения в таблицу 1.

Таблица №1

Результаты расчетов ожидаемого значения условной прибыли

Событие, i	Вероятность, p_i	Значение условной прибыли, руб			
		без диспетчеризации, $k = 0$		с диспетчеризацией, $k = 1$	
		$j = 1$	$j = 3$	$j = 1$	$j = 3$
0	0,955	16076	57804	16076	57804
1	0,035	14695	44483	15467	55054
2	0,01	14283	48743	15173	52574
ОУП $_{jk}$		16010	57247	16046	57655
		73257		73701	

Показатель ожидаемого значения условной прибыли при диспетчеризации вырос на 0,6%.

Как видно из результатов, данный показатель отражает непостоянность эффективности применения внедряемых решений, указывая на зависимость от изменяющихся внешних факторов.

Не смотря на то, что выше был описан упрощенный пример, при основательном подходе к получению исходных данных, расчету вероятностей и оценке последствий, сравнивая показатели ожидаемой условной прибыли можно судить об эффективности внедрения автоматизированной системы поиска оптимального маршрута вывозки древесины из лесосеки.

Исследования проводились при поддержке Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности»

Литература

1. Воронин А.В., Шегельман И. Р. Конкуренция на рынке ИТ-товаров и ИТ-услуг // – Петрозаводск, Изд-во ПетрГУ, 2010. – 300 с.
2. Салминен Э.О., Борозна А.А., Пантелеев А.Л. Информационные технологии в управлении транспортно-технологическими процессами лесопромышленных предприятий // Известия Санкт-петербургской лесотехнической академии. 2004. № 171. С. 40-43.
3. Gerasimov, Y.Y., Sokolov A.P., Karjalainen T. GIS-based Decision-Support Program for Planning and Analyzing Short-Wood Transport in Russia//Croatian Journal of Forest Engineering, Vol. 29, Issue 2. Zagreb: University of Zagreb, 2008. P. 163-175.
4. Uusitalo J. A Framework for CTL Method-Based Wood Procurement Logistics//International Journal of Forest Engineering. -2005. -№ 16(2). - P. 37-46.

5. Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., А.М. Крупко Системы программ для совершенствования транспортной логистики и оптимизации транспортно-технологического освоения лесосырьевых баз лесозаготовительных предприятий // Известия СПбЛТА. – 2014. – № 206. – С. 94-99.

6. Шегельман И. Р. Стратегия и опыт создания электронной базы данных лесных и минеральных ресурсов региона / И. Р. Шегельман, Л.В. Щеголева // ПетрГУ. – Петрозаводск, 2005. Деп. в ВНИИТИ 15.07.05 №1041-В2005. – 215 с.

7. Воронин А.В., Кузнецов В.А., Шегельман И.Р., Щеголева Л.В. Теория и практика принятия оптимальных решений для предприятий лесопромышленного комплекса: монография / – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. – 180 с.

8. Мохирев А.П., Егармин П.А. Географическая информационная система планирования оптимального освоения лесного фонда // Системы. Методы. Технологии. - Братск. -2011. №4(12). - С. 172-177.

9. А.с. №2012612350 Российская федерация. Географическая информационная система для управления лесопользованием «Лес-оптима»/Дрягин В.В., Мохирев А.П. -заявка №2012610059 заявл. 10.01.12, зарегистрир. 05.03.12. -1 с.

10. Шегельман И.Р., Будник П. В., Демчук А. В. Некоторые особенности математического описания сквозных процессов лесопромышленных производств на примере технологии заготовки древесины с производством оцилиндрованных бревен для деревянного домостроения // Инженерный вестник Дона. - 2014. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2234

11. Шегельман И. Р., Кузнецов А. В., Скрыпник В. И., Баклагин В. Н., Методика оптимизации транспортно-технологического освоения

лесосырьевой базы с минимизацией затрат на заготовку и вывозку древесины // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284

12. Мохирев А.П., Болотов О.В. Проектирование сети лесных дорог на примере предприятий Красноярского края: моногр. Красноярск: СибГТУ, 2010. 178 с

13. Мохирев А.П. Обоснование проектирования сети лесных дорог на примере предприятий Нижнего Приангарья: диссертация ... кандидата технических наук: 05.21.01. – Красноярск, 2007. – 176 с.

References

1. Voronin A.V., Shegel'man I. R. Konkurencija na rynke IT-tovarov i IT-uslug [Competition in the market of it products and it services]. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU, 2010. – 300 p.

2. Salminen Je.O., Borozna A.A., Panteleev A.L. Izvestija Sankt-peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2004. № 171. pp. 40-43.

3. Gerasimov, Y.Y., Sokolov A.P., Karjalainen T. GIS-based Decision-Support Program for Planning and Analyzing Short-Wood Transport in Russia. Croatian Journal of Forest Engineering, Vol. 29, Issue 2. Zagreb: University of Zagreb, 2008. pp. 163-175.

4. Uusitalo J. A Framework for CTL Method-Based Wood Procurement Logistics. International Journal of Forest Engineering. 2005. № 16(2). P. 37-46.

5. Shegel'man I.R., Skrypnik V.I., Kuznecov A.V., Krupko A.M. Izvestija SPbLTA. 2014. № 206. pp. 94-99.

6. Shegel'man I. R. Strategija i opyt sozdaniya jelektronnoj bazy dannyh lesnyh i mineral'nyh resursov regiona [Strategy and experience in the creation of an electronic database of forest and mineral resources in the region] / I. R. Shegel'man, L.V. Shhegoleva. PetrGU. – Petrozavodsk, 2005. Dep. v VNIITI

15.07.05 №1041-V2005. 215 p.

7. Voronin A.V., Kuznecov V.A., Shegel'man I.R., Shhegoleva L.V. Teorija i praktika prinjatija optimal'nyh reshenij dlja predpriyatij lesopromyshlennogo kompleksa : monografija [Theory and practice of optimal decision-making for enterprises of timber industry complex]. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2008. 180 p.

8. Mohirev, A.P., Egarmin P.A. Sistemy. Metody. Tehnologii. Bratsk. 2011. №4(12). pp. 172-177.

9. A.s. №2012612350 Rossijskaja federacija. Geograficheskaja informacionnaja sistema dlja upravlenija lesopol'zovaniem «Les-optima» [Geographic information system for forest management "Forest-Optima"]. Drjagin V.V., Mohirev A.P. -zajavka №2012610059 zajavl. 10.01.12, zaregistrir. 05.03.12. -1 p.

10. Shegel'man I.R., Budnik P. V., Demchuk A. V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2234

11. Shegel'man I. R., Kuznecov A. V., Skrypnik V. I., Baklagin V. N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284

12. Mokhirev A.P. Bolotov O.V. Proektirovanie seti lesnyh dorog na primere predpriyatij krasnojarskogo kraja [Designing a forest road network on the example of enterprises in the Krasnoyarsk territory]: monografija. Krasnojarsk: SibGTU, 2010. 178 p.

13. Mokhirev A.P. Obosnovanie proektirovanija seti lesnyh dorog na primere predpriyatij Nizhnego Priangar'ja [The rationale for designing a forest road network on the example of the Lower Angara region enterprises]: dissertacija ... kandidata tehničkih nauk: 05.21.01. Krasnojarsk, 2007. 176 p.