

Использование оптимизационных подходов при оценке эффективности технологий лесозаготовки

*Коновалов А.П., Воронов Р.В.
Петрозаводский государственный университет*

При разработке и принятии управленческих решений важно правильно оценить сложившуюся ситуацию и альтернативные варианты решений с целью выбора наиболее эффективного решения, соответствующего целям организации и лица принимающего решения (ЛПР). Правильная оценка способствует достижению поставленных целей, в то время как ошибочная затрудняет или делает вообще невозможным принятие решения, что может сказаться на эффективности деятельности организации.

Организация, ЛПР при принятии решений руководствуются целями, которые они стремятся достигнуть. Каждой цели должен соответствовать критерий, с помощью которого может быть оценена степень достижения цели.

Так, например, если целью является обеспечение высокого качества выпускаемого предприятием изделия, то в роли интегрального критерия может выступать качество изделия, а в роли частных критериев — показатели, характеризующие функциональные возможности изделия, экономические, экологические, эргономические, а также показатели надежности, безопасности и др. Естественно, что, оценив предварительно значения частных критериев для объекта, мы с большей достоверностью можем говорить об оценке качества объекта в целом.

С целью оценки эффективности технологических процессов лесосечных работ было проведено их исследование по лесозаготовительным предприятиям Республики Карелия, которые обеспечивают порядка 40% объемов лесозаготовок.

В рамках исследования принят обобщенный подход для получения важности критериев, которые в дальнейшем используем для расчета агрегированной оценки эффективности технологических процессов лесосечных работ на основе методики, представленной на рис. 1.

Необходимо отметить, что необходимым условием для применения методики и осуществления оценки эффективности является наличие соответствующей оперативной, бухгалтерской, статистической информации о параметрах технологических процессов.

Приведенная система показателей для оценки эффективности позволяет в полной мере оценить эффективность технологических процессов в связи с тем, что эта группа показателей представляет собой логически самостоятельный блок в советующей системе принятия. На эти факторы (качество, производительность, затраты) также указывают иные

авторы [1] и рекомендации [2], что является дополнительным аргументом, указывающим на достаточность данного блока.

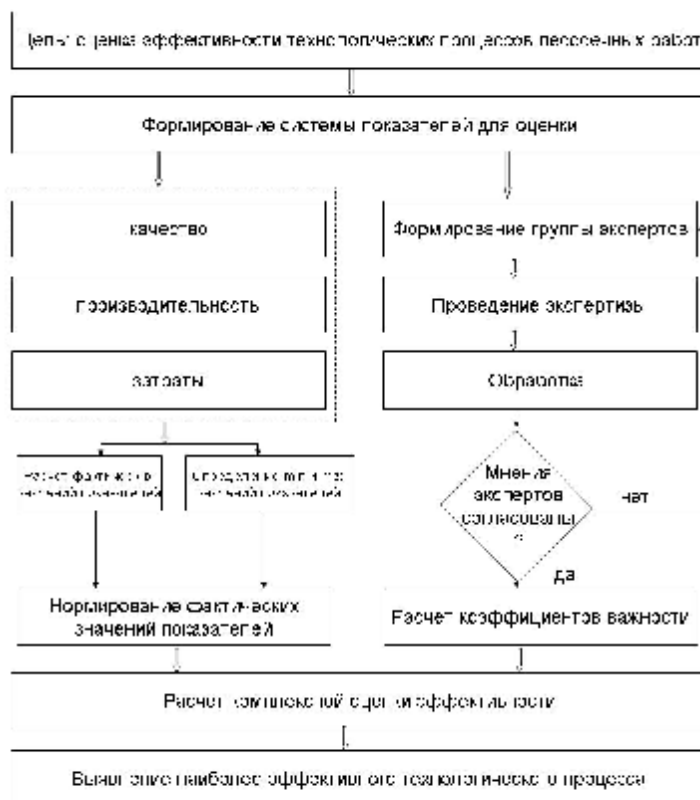


Рис.1. Методика оценки эффективности

После установления системы показателей можно рассчитать комплексную оценку эффективности, но прежде необходимо ранжировать показатели по степени важности с помощью метода экспертных оценок.

Экспертные оценки значимости отдельных критериев оценки эффективности технологических процессов лесосечных работ проводились в период 2006-2008 гг. Для проведения экспертизы была сформирована экспертная группа состоящая из тридцати представителей, компетентных в области рассматриваемого вопроса. В данном случае это представители верхнего и среднего уровня управления организациями лесного комплекса, научные работники в области технологий лесозаготовок, а также иные специалисты в области технологий лесозаготовок.

Обработка результатов экспертизы осуществлялась с использованием компьютерных средств.

Получив результаты экспертизы, проводимой в виде анкетирования, следует определить согласованность мнений экспертов, показывающую, можно ли доверять

полученной в итоге комплексной оценке. Согласованность определяем при помощи коэффициента вариации. Мнения экспертов можно считать согласованными, если значение коэффициента вариации (V) по конкретному показателю не превышает 0,2. В целом оценки экспертов оказались согласованными ($V < 0,2$).

На практике часто возникает ситуация, когда согласованность мнений экспертов устанавливается лишь по нескольким показателям. Поэтому рекомендуют рассчитывать значение коэффициента конкордации (согласованности) Кендалла [3], а затем оценивать его значимость.

Коэффициент конкордации (W) вычисляется по формуле [4, с. 598]:

$$W = \frac{12}{m^3(n^2 - n)} S \quad (1)$$

где, 12 - постоянная величина в формуле расчета коэффициента конкордации Кендалла,

n - число показателей,

m - число экспертов,

S - коэффициент вариации относительно среднего ранга.

S определяется как сумма квадратов отклонений вычисляется по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n R_{ij} - \frac{m(n-1)^2}{2} \right)^2 \quad (2)$$

где R_{ij} - ранг i -го показателя, присвоенный j -м экспертом.

В нашем случае имеем коэффициент конкордации $W=0,6$, следовательно, можно утверждать о наличии согласованности во мнениях экспертов, т.е. полученной оценке можно доверять.

Поскольку показатели являются значимыми, следовательно, рассчитываем коэффициент значимости показателей по формуле:

$$I_i = \frac{q_i}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (3)$$

где, q_i - средняя экспертная оценка j -го показателя,

n - количество показателей.

Средняя оценка i -го показателя определяется по формуле:

$$q_i = \frac{\sum_{j=1}^m h_j}{m}$$

где h_j - экспертная оценка i -го показателя, установленная экспертом j ,

m - количество экспертов.

В нашем случае имеем распределение показателей по коэффициенту важности:

качество	– 0,361
производительность	– 0,301
затраты	– 0,338

Поскольку рассматриваемые технологические процессы лесосечных работ, оцениваемые по нескольким критериям, являются множествами альтернатив, следовательно, выявим Парето-оптимальные множества с учетом производительности лесных машин, прямых эксплуатационных затрат, а также качества круглых лесоматериалов в зависимости от породного состава, сезона и видов рынков реализации. Выявление осуществляем по следующим уровням:

X₁- фактические прямые эксплуатационные затраты (З), производительность лесосечных машин (П) и качество круглых лесоматериалов (К);

X₂ - фактические полные (коммерческие) затраты, производительность лесосечных машин и качество круглых лесоматериалов;

X₃ - фактические прямые эксплуатационные затраты, производительность лесосечных машин с учетом ее повышения, качество круглых лесоматериалов;

X₄ - фактические полные (коммерческие) затраты, производительность лесосечных машин с учетом ее повышения, качество круглых лесоматериалов;

В результате исследования выявлено, что оптимальными по Парето выступают:

- в случае X₁: технологические процессы А, В, С, D (доминируемая – Е);
- в случае X₂: технологические процессы А, В, D (доминируемые – С, Е);
- в случае X₃: технологические процессы А, В,С (доминируемые – D, Е);
- в случае X₄: технологические процессы А, В (доминируемые – С, D, Е);

Таким образом при принятии решений по выбору технологических процессов наиболее эффективными представляются процессы А, В, С, D, которые и подлежат дальнейшему рассмотрению.

Для этих целей воспользуемся методом комплексного критерия предварительно приведя показатели к безразмерному виду:

$$u = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (3)$$

где, c_j – весовой коэффициент, переводящий параметры измеряемых показателей в единую шкалу;

x_j – среднее значение соответствующего показателя, включаемого в комплексный

критерий;

В результате получаем распределение технологических процессов по комплексному критерию с учетом промежуточных преобразований по уровням X_1, X_2, X_3, X_4 .

Распределение по комплексному показателю показывает, что:

- на уровне X_1 технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: D, B, A, далее, с существенным отрывом: E, C;

- на уровне X_2 технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: B, A, D, далее, с существенным отрывом: E, C;

- на уровне X_3 технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: A, B, D, далее, с существенным отрывом: E, C;

- на уровне X_4 технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: A, B, D, далее, с существенным отрывом: E, C;

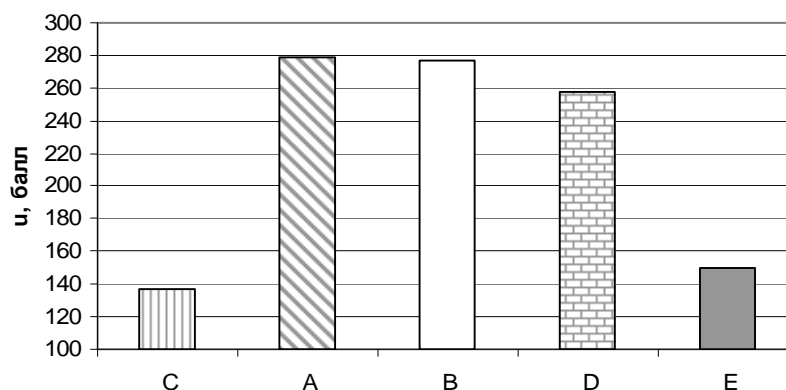
В целом, оценивая технологии усредненно по уровням имеем (табл. 1).

Таблица 1

Распределение технологических процессов¹

Технологические процессы	X_1	X_2	X_3	X_4
C	202,5	64,2	209,4	71,0
A	270,9	181,1	376,4	286,6
B	292,8	198,5	354,0	259,7
D	316,4	179,1	336,6	199,4
E	217,5	80,2	220,3	83,0

Итоговое распределение технологических процессов по u -показателю технологии имеет вид, представленный на рис. 2.



¹ здесь и далее: темно-серым цветом выделены наиболее эффективные значения показателей, светло-серым – следующий по эффективности.

Рис. 2. Распределение технологий по комплексному критерию

При всех условиях и породах, при незначительном опережении наиболее эффективным технологическим процессом является А, т.к. данный технологический процесс отличается приемлемым качеством заготовленных круглых лесоматериалов, малыми затратами и приемлемой производительностью. Следующим процессом по критерию эффективности выступает технологический процесс В, но только сосновым и еловым пиловочным бревнам, как в случае поставок на экспорт, так и при поставке на внутренний рынок, а также в зимний период времени по еловому балансу в зимний период времени в случае поставки на внутренний рынок. Технологический процесс D в целом менее эффективен, но приближается по критерию эффективности при оценке по производству березового баланса в зимний и летний периоды времени как при поставке на внутренний рынок, так и при поставке на экспорт, а также по еловому балансу в зимний период времени в случае поставок на внутренний рынок. Технологии Е и С существенно отстают от вышерассмотренных по и–критерию, поэтому можно утверждать об их низкой эффективности.

Однако оценку только по данному методу нельзя в полной мере осуществлять, т.к. он не показал однозначной оценки эффективности конкретного технологического процесса. Поэтому данный метод используем как промежуточный и только с целью первого приближения к оценке эффективности технологических процессов лесосечных работ.

Для целей дальнейшей оценки используем раздел математической теории, получивший название - теория выбора важности критериев. Для этого, в начале учитывая результаты опроса экспертов, используем метод Гермейра.

Для адекватного применения математических методов и компьютерных расчетов при вычислениях, связанных с большими и малыми величинами, а также для того, чтобы установить соответствие между количественными и качественными характеристиками данных, разноразмерные значения показателей должны быть приведены к соизмеримому виду (нормированы). Обычно разноразмерные величины приводят к стандартному интервалу [0;1].

Так как рост значения показателя классифицируется как положительная тенденция, то максимально допустимое значение показателя ассоциируется с 1 (в таблицах наивысшее значение отмечено красным цветом, второе – зеленым), а минимально допустимое - с 0.

Результаты оценки по указанному методу представлены в табл. 2.

Таблица 2

Распределение технологических процессов

Технологические процессы	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
С	0,31	0,29	0,28	0,27
А	0,48	0,56	0,53	0,61
В	0,55	0,58	0,55	0,58
Д	0,56	0,50	0,48	0,42
Е	0,37	0,36	0,34	0,33

Распределение по комплексному показателю показывает, что:

- на уровне X₁ технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: Д, В, А, далее, с существенным отрывом: Е, С;

- на уровне X₂ технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: В, А, далее, с существенным отрывом: Д, Е, С;

- на уровне X₃ технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: В, А, далее, с существенным отрывом: Д, Е, С;

- на уровне X₄ технологические процессы распределяются при незначительном отличии по критерию важности следующим образом: А, В, далее, с существенным отрывом: Д, Е, С;

Полученные значения комплексной оценки могут быть интерпретированы следующим образом:

$K < 0,3$ - зона неустойчивой эффективности;

$0,3 \leq K < 0,5$ - зона низкой эффективности;

$0,5 \leq K < 0,8$ - зона нормальной эффективности;

$0,8 \leq K < 1$ - зона высокой эффективности.

Таким образом видно, что технологические процессы С и Е относятся к зоне низкой эффективности.

В целом, сравнивая технологические процессы видно, что на нижнем уровне принятия решений наиболее привлекательной является механизированный технологический процесс заготовки деревьев при условии учета только прямых эксплуатационных затрат. В случае оценки по полным затратам, существующих производительности и качества более эффективной является механизированный процесс с использованием труда вальщиков и форвардера.

Необходимо отметить, что оценка технологических процессов методом комплексного критерия и методом Гермейра совпадает.

Решим задачу оценки эффективности технологических процессов с использованием метода аналитической иерархии (Analytic Hierarchy Process – АНР). Для

этого осуществим попарное сравнение альтернативных вариантов с использованием шкалы относительной важности [5]:

- = равная важность (1);
- = умеренное превосходство (3);
- = существенное или сильное превосходство (5)
- = значительное (большое) превосходство (7);
- = очень большое превосходство (9).

Матрица сравнений критериев оценки эффективности технологических процессов представлена в табл. 3.

Таблица 3

Матрица сравнений для критериев

Критерий ²	К	П	З	Собственный вектор	Вес критерия
К	1	1/3	1/5	0,41	0,361
П	3	1	1/3	1,00	0,338
З	5	3	1	2,47	0,301

На следующем уровне иерархической системы сравниваем заданные альтернативы по каждому критерию отдельно (табл. 4 – б).

Таблица 4

Сравнение по критерию К

Альтернатива	А	В	С	Д	Е	Собственный вектор	Вес
А	1,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,54
В	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,33
С	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,41	0,04
Д	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,41	0,04
Е	0,20	0,33	1,00	1,00	1,00	0,41	0,04

Таблица 5

Сравнение по критерию П

Альтернатива	А	В	С	Д	Е	Собственный вектор	Вес
А	1,00	3,00	5,00	7,00	5,00	8,06	0,68
В	0,33	1,00	3,00	5,00	3,00	2,47	0,21
С	0,20	0,33	1,00	3,00	1,00	0,58	0,05
Д	0,14	0,20	1,00	1,00	3,00	0,44	0,04
Е	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	0,28	0,02

Таблица 6

Сравнение по критерию З

Альтернатива	А	В	С	Д	Е	Собственный вектор	Вес
А	1,00	1,00	0,20	0,33	0,20	0,24	0,03
В	1,00	1,00	0,33	0,33	0,20	0,28	0,04

² Условные обозначения: «К» – качество, «П»- производительность, «З» – затраты.

C	5,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,47	0,31
D	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,08	0,26
E	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	2,92	0,37

В дальнейшем определяем важность каждой альтернативы:

$$V_j = \sum_{i=1}^n w_i V_{ji}$$

где, w_i – вес i -го критерия;

V_{ji} – важность j -й альтернативы по i -му критерию.

В нашем случае имеем:

Технологический процесс А – 0,43

Технологический процесс В – 0,20

Технологический процесс С – 0,13

Технологический процесс D – 0,11

Технологический процесс E – 0,13

Таким образом, в рассматриваемых условиях наиболее эффективной является механизированная сортировочная технология с использованием системы машин: харвестер+форвардер.

Выводы

1. В ходе процесса управления вырабатываются альтернативные варианты решений, образующие пространство возможных решений. Основной задачей ЛПР является определение конкретной проблемы, принадлежащей возникшему полю проблем альтернативного варианта решения из пространства решений позволяющего в наибольшем соответствии с целями организации решить эту проблему.

Для выбора наиболее предпочтительного альтернативного варианта решения для конкретной проблемы используются принципы, на основании которых осуществляется сравнение и выбор альтернативных вариантов

Решающие принципы позволяют как при одноцелевом, так и при многоцелевом подходе дать однокритериальную или многокритериальную оценку сравниваемым вариантам решений.

2. Основной задачей при управлении взаимодействием организации с внешней средой является максимальная адаптация организации к внешней среде, снижение неопределенности положения организации, достижение ее стратегических целей.

К числу наиболее распространенных решающих правил можно отнести:

- метод «свертки», при котором рассчитываются значения единого комплексного критерия для каждого альтернативного варианта решения;
- принцип Парето, при котором сопоставляются оценки альтернативных

вариантов решений по нескольким критериям и отбрасываются «доминируемые» решения;

- лексикографический выбор, при котором выбор осуществляется сначала по наиболее важным критериям, а затем по менее важным;

- правило максимина, используемое при игровом подходе и реализующее стратегию гарантированного результата, когда выбирается вариант, дающий максимальный эффект

при наименее благоприятных действиях противника, и др.

Большое распространение получили решающие правила, основанные на использовании функции полезности альтернативного варианта решения.

Т.к. ни один из методов не свободен от недостатков, связанных с желанием упростить задачу и сделать ее однозначной, поэтому процесс принятия решения в многоцелевых задачах, как правило, должен протекать в интерактивном режиме с использованием различных процедур.

3. Для выявления эффективности технологических процессов необходимо использовать методику в рамках которой используется экспертный метод по которому необходимо оценить согласованность мнений экспертов с использованием коэффициента вариации и коэффициента конкордации (согласованности) Кендалла. Согласно проведенному экспертному опросу было выявлено, что мнения экспертов согласованы и основными критериями при оценке технологических процессов лесосечных работ являются (по убыванию важности) - качество, затраты, производительность лесосечных работ

Основная часть экспертов выделяет в качестве наиболее перспективного технологического процесса в условиях Республики Карелия – сортиментный механизированный с использованием харвестеров и форвардеров. В тоже время часть экспертов отмечают, что иные технологии также будут востребованы, но только в меньшей степени и для выполнения лесосечных работ в таких условиях когда харвестер не может добраться до участка и качественно осуществить поставленный объем работ.

4. Оценка эффективности технологических процессов лесосечных работ необходимо осуществлять с учетом резервов повышения эффективности по различным уровням управления:

X_1 - фактические прямые эксплуатационные затраты (З), производительность лесосечных машин (П) и качество круглых лесоматериалов (К);

X_2 - фактические полные (коммерческие) затраты, производительность лесосечных машин и качество круглых лесоматериалов;

X_3 - фактические прямые эксплуатационные затраты, производительность лесосечных машин с учетом ее повышения, качество круглых лесоматериалов;

X_4 - фактические полные (коммерческие) затраты, производительность лесосечных машин с учетом ее повышения, качество круглых лесоматериалов;

Таким образом, в рассматриваемых условиях наиболее эффективной является механизированная сортиментная технология с использованием системы машин: хрвестер+форвардер.

5. Для исключения «произвола» в выборе критерия эффективности оценку эффективности технологических процессов лесосечных работ необходимо осуществлять на основе нескольких последовательно используемых подходов, а именно:

- выбор альтернативных вариантов на основе принципа Парето;
- оценка технологических процессов методом комплексного критерия;
- оценка технологических процессов с использованием теории важности критериев;
- итоговая оценка с использованием метода аналитической иерархии (Analytic Hierarchy Process – АНР).

Список литературы

1	Ковалев С.М. Разработка целей и показателей оптимизации бизнес-процессов/С.М.Ковалев, В.М.Ковалев//Консультант директор, № 7(234), Ч.1, Апрель 2005.
2	ГОСТ 27.203-83. «Надежность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности».
3	Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. - М.: ЮНИТИ, 1998.
4	Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия/Под ред. А.М. Прохорова. - М.: Научное издательство «Большая российская энциклопедия», 1999.
5	Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах : Учебник для студентов вузов / О.И. Ларичев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2002. - 391 с.