

Обобщенная модель выбора месторасположения предприятия

Подробно рассмотрена проблема выбора месторасположения предприятия. Определены цели и факторы, влияющие на достижение этих целей. Предложена обобщенная математическая модель выбора месторасположения предприятия, в основу которой положен анализ полезной стоимости и учет транспортных издержек. Сформулирован критерий определения оптимального месторасположения предприятия. Выполнена постановка задачи, разработаны алгоритм и программа решения задачи на персональной ЭВМ.

В сельскохозяйственной практике довольно часто возникает проблема выбора месторасположения предприятия (обслуживающего, перерабатывающего, производящего и т.п.), так как от верного ее решения зависит эффективность экономической и хозяйственной деятельности. Для решения этой и подобной ей задач используются различные математические методы. Среди них выделяют основанные на анализе полезной стоимости частные и более общие методы (Scoring-методы), а также методы транспортных издержек, например, метод Вебера [1].

В Scoring-методах рассматриваются факторы месторасположения предприятия, определяющие возможность получения той или иной прибыли. При этом учитываемые показатели могут обладать как монетарными, так и немонетарными свойствами. Широкое применение модели Вебера обусловлено тем, что транспортные издержки релевантны решению и пропорциональны удаленности предприятия.

The problem of an enterprise location choice has been examined. The aims and tasks which have an influence on achievements of them have been defined. The generalized mathematical model of an enterprise location choice has been proposed. The analysis of the actual value and transportation costs is the basis of generalized mathematical model. The criterion of optimum enterprise location choice has been formulated. And the statement of the task has been accomplished. Algorithm and the program solution of task on computer (EC) have been worked out.

Ниже изложена методика решения задачи с применением различных моделей. С этой целью авторами выполнена постановка задачи, разработаны алгоритмы и программа решения задачи на ПЭВМ.

1. Основные вопросы, рассматриваемые при принятии решения о месторасположении предприятия

Решение о месторасположении является стратегическим, так как отвечает на вопрос об экономически удобном в течение длительного времени пространственном размещении и организации деятельности предприятия. Выбор месторасположения осуществляется при его создании, перебазировании или создании и перебазировании какого-то подразделения этого предприятия.

Принятие решения о месторасположении при создании предприятия, как правило, самое трудное, так как здесь наиболее низкая верность исходной информации. При перебазировании предприятия риск еще высок, так как рвутся старые связи, а новые еще не созданы. Не всегда оказываются оправданными и предполагаемые

преимущества нового месторасположения. Наконец, принятие решения о месторасположении при создании или перебазировании подразделений предприятия чаще всего направлено для реализации определенных функций: размещение филиала ближе к покупателям или в районах с более дешевой рабочей силой; субсидирование отсталых в экономическом отношении районов и т.п.

Выбор наиболее удобного месторасположения осуществляется разработкой альтернатив, которыми в рамках принятия решения являются: географические места (внутри страны или за границей, в городах или поселках, на центральных магистралях или вдали от них); виды оформления размещения (аренда, лизинг, покупка, договор о совместном использовании); мобильность факторов производства (сырье, ресурсы, рабочая сила); юридические нормы; транспортные расходы и прочее.

2. Цели, критерии и факторы выбора месторасположения предприятия

Основная цель выбора месторасположения – это максимизация положительной разности между характеристиками для конкретного месторасположения приносами и затратами. К этой главной цели можно добавить еще и второстепенные экономические и неэкономические цели, обусловленные назначением предприятия или его подразделения. Цели могут разбиваться на подцели, пока не будут найдены количественно измеряемые и надежные критерии, с помощью которых может быть определено качество принимаемого решения, то есть совокупности преимуществ и недостатков месторасположения. В свою очередь, качество месторасположения в соответствии с назначением предприятия, а также измеряемые критерии определяются с помощью следующих факторов.

а) Факторы, ориентированные на подготовку производства:

- структура земли, цена покупки или аренды;
- цены на сырье, вспомогательные и производственные материалы;
- транспортные издержки;
- потенциал рабочей силы в зависимости от численности населения и уровня жизни.

б) Факторы, ориентированные непосредственно на производство:

- структура почвы, климат;
- технические и инфраструктурные особенности;
- пространственная близость к партнерам по кооперации.

в) Факторы, ориентированные на сбыт:

- структура потребления и покупательская способность;
- деловые контакты, то есть наличие маклеров, дилеров, агентов по рекламе;
- конкуренция в данной местности и репутация местности;
- сообщение, то есть магистральные связи.

г) Факторы, устанавливаемые государством:

система хозяйствования, то есть правовая защита, лицензионные и сертификатные предписания, требования к отчетности, риск ограничения деятельности предприятия, риск политической нестабильности, возможность экспроприации;

регулирование пересечения границ;

мероприятия по защите окружающей среды;

государственные и коммунальные налоги, то есть виды и размеры налогов, налоговые льготы;

государственная помощь в виде субсидий, административной поддержки финансирования программ.

Названный перечень факторов может быть расширен в зависимости от назначения предприятия и специфики производства или услуг. В соответствии с целями предприятия факторы месторасположения приобретают различный вес. Поэтому для каждого критерия необходимо разработать шкалу с минимальными требованиями для всех факторов. Шкала выбирается так, чтобы без особых трудностей можно было бы учесть влияние всех факторов месторасположения на выбор решения.

Так как решение о месторасположении имеет весьма широкий горизонт предвидения, то в обеспечении надежности прогнозирования играет большую роль выбор факторов месторасположения. Это всегда надо иметь в виду при выборе модели решения и, соответственно, метода и алгоритма принятия решения.

3. Общая постановка задачи о месторасположении предприятия

Концерн по переработке сельскохозяйственной продукции решил создать в некотором регионе новое предприятие. Ему было предложено m вариантов (альтернатив A_i) месторасположения с координатами (X_i, Y_i) . В регионе имеется n пунктов приобретения сырья с координатами (x_j, y_j) . Концерн поставил перед собой g целей Z_k , на каждую из которых оказывают влияние s факторов F_{kt} .

Требуется выбрать оптимальное месторасположение предприятия, чтобы выполнялись поставленные цели, прибыль была максимальной, а издержки производства – минимальными.

4. Решение задачи. Это типичная многомерная (многокритериальная) задача, так как необходимо учитывать несколько параметров. Конечные приносы K_{ikt} для различных альтернатив месторасположения складываются из прибыли E_{ikt} от переработки сырья (выпуска готовой продукции) и транспортных затрат T_i по доставке сырья на перерабатывающее предприятие:

$$K_{ikt} = E_{ikt} - T_i \quad (1)$$

Здесь индекс i соответствует одному из вариантов месторасположения предприятия, k – некоторой поставленной цели, t – фактору, влияющему на достижение цели. Изменяются эти индексы от 1 до m , g и s соответственно.

Транспортные затраты T_i сравнительно легко могут быть рассчитаны, если известны транспортируемое из пункта приобретения в место переработки количество

сырья b_j и стоимость перевозки единицы груза на единицу расстояния c_j . Для этого воспользуемся известной моделью транспортных издержек Вебера [2]. Удаленность j -го пункта приобретения сырья от i -го перерабатывающего предприятия определяется выражением:

$$r_{ij} = [(X_i - x_j)^2 + (Y_i - y_j)^2]^{1/2}. \quad (2)$$

Отсюда транспортные издержки для i -го предприятия можно выразить как функцию координат его месторасположения:

$$\begin{aligned} T_i &= b_1 * c_1 * [(X_i - x_1)^2 + (Y_i - y_1)^2]^{1/2} + \\ &+ b_2 * c_2 * [(X_i - x_2)^2 + (Y_i - y_2)^2]^{1/2} + \dots \\ &+ b_n * c_n * [(X_i - x_n)^2 + (Y_i - y_n)^2]^{1/2} = \\ &= \sum_j b_j * c_j * [(X_i - x_j)^2 + (Y_i - y_j)^2]^{1/2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Спрогнозировать ожидаемую прибыль E_{ikt} несколько сложнее, так как она зависит от поставленной цели Z_k и различных факторов F_{kt} . В таких случаях обращаются к методу экспертных оценок [3], который широко применяется не только при решении экономических задач [4]. В результате обобщения мнений достаточно большого числа специалистов (экспертов) с помощью, например, метода ранговой корреляции [5] разрабатываются номинальные, ординальные и кардинальные шкалы для всех поставленных целей и учитываемых факторов. На их основе оценивается величина ожидаемой прибыли E_{ikt} для каждого месторасположения и производится взвешивание целей и факторов, то есть рассчитывается вероятность достижения цели PZ_k и вероятность влияния рассматриваемых факторов PF_{kt} . При этом должны выполняться условия:

$$PZ_1 + PZ_2 + \dots + PZ_r = \sum_k PZ_k = 1, \quad (4)$$

$$PF_{k1} + PF_{k2} + \dots + PF_{ks} = \sum_t PF_{kt} = 1. \quad (5)$$

Совокупность значений конечных приносов является тензором третьего ранга:

$$|K_{ikt}| = |E_{ikt} - T_i|. \quad (6)$$

Элементы тензора $|K_{ikt}|$ представлены в виде таблицы 1. Здесь кроме величин конечных приносов K_{ikt} для различных альтернатив A_i месторасположения приведены вероятности достижения целей PZ_k и вероятности влияния факторов PF_{kt} . Значения K_{ikt} , PZ_k и PF_{kt} являются исходными данными для решения задачи.

Выбор оптимального месторасположения может осуществляться на основе различных моделей и соответ-

ствующих критериев. Вначале проанализируем некоторые частные модели [6], а затем рассмотрим обобщенную модель.

4.1. Модель Вальда.

Ее применяют в том случае, когда последствия неправильного выбора достаточно тяжелы или имеющиеся ресурсы ограничены. Это модель для бедных, которым страшно потерять то, что можно выиграть.

Используемый здесь критерий, соответствующий позиции крайней осторожности, основан на том, что оптимальной является такая альтернатива, при которой минимальный выигрыш максимален, то есть минимальные конечные приносы максимальны (минимаксный критерий). Другими словами, из всего набора данных, задаваемых тензором $|K_{ikt}|$, необходимо найти значение V_{ikt} , удовлетворяющее условию:

$$V_{ikt} = \max_i \min_k \min_t K_{ikt}. \quad (7)$$

Для этого обычно поступают следующим образом. Строят матрицу минимальных конечных приносов $|\min_t K_{ikt}|$, обусловленных влиянием факторов F_{kt} , и выделяют из нее вектор-столбец из минимальных значений минимальных конечных приносов $|\min_k \min_t K_{ikt}|$, соответствующих различным целям Z_k (таблица 2). Из этих данных, в соответствии с (7), легко найти V_{ikt} и определить наиболее оптимальную альтернативу месторасположения предприятия.

4.2. Модель Сэвиджа

Эту модель применяют, если наиболее нежелательным является потеря возможного выигрыша (возможной прибыли). Используемый в этом случае критерий построен на понятии риска, а риск связан с ситуацией неопределенности и с возможностью неблагоприятных последствий в случае неуспеха. Риском R_{ikt} выбора альтернативы A_i для поставленной цели Z_k в случае влияния фактора F_{kt} называется разность между максимальным конечным приносом и ожидаемым конечным приносом для альтернативы A_i при условии достижения цели Z_k под влиянием фактора F_{kt} :

$$R_{ikt} = \max_i K_{ikt} - K_{ikt}. \quad (8)$$

Рассчитанные таким образом значения рисков, как и конечные приносы, представляют собой тензор третьего ранга $|R_{ikt}|$, совокупность элементов которого также можно свести к виду, аналогичному таблице 1.

Согласно модели Сэвиджа, оптимальной является

Таблица 1. Исходные данные

Z_k PZ_k		Z_1 PZ_1					Z_2 PZ_2					Z_r PZ_r				
A_i	F_{kt} PF_{kt}	F_{11} PF_{11}	F_{12} PF_{12}	...	F_{1s} PF_{1s}	F_{21} PF_{21}	F_{22} PF_{22}	...	F_{2s} PF_{2s}	...	F_{r1} PF_{r1}	F_{r2} PF_{r2}	...	F_{rs} PF_{rs}		
A_1		K_{111}	K_{112}	...	K_{11s}	K_{121}	K_{122}	...	K_{12s}	...	K_{1r1}	K_{1r2}	...	K_{1rs}		
A_2		K_{211}	K_{212}	...	K_{21s}	K_{221}	K_{222}	...	K_{22s}	...	K_{2r1}	K_{2r2}	...	K_{2rs}		
...			
A_m		K_{m11}	K_{m12}	...	K_{m1s}	K_{m21}	K_{m22}	...	K_{m2s}	...	K_{mr1}	K_{mr2}	...	K_{mrs}		

Таблица 2. Минимальные конечные приносы

Z_k PZ_k	Z_1 PZ_1	Z_2 PZ_2	...	Z_r PZ_r	
A_i			...		$\min_k \min_t K_{ikt}$
A_1	$\min_t K_{11t}$	$\min_t K_{12t}$	...	$\min_t K_{1rt}$	$\min_k \min_t K_{1kt}$
A_2	$\min_t K_{21t}$	$\min_t K_{22t}$	...	$\min_t K_{2rt}$	$\min_k \min_t K_{2kt}$
...
A_m	$\min_t K_{m1t}$	$\min_t K_{m2t}$	...	$\min_t K_{mrt}$	$\min_k \min_t K_{mkt}$

Таблица 3. Максимальные риски

Z_k PZ_k	Z_1 PZ_1	Z_2 PZ_2	...	Z_r PZ_r	
A_i			...		$\max_k \max_t R_{ikt}$
A_1	$\max_t R_{11t}$	$\max_t R_{12t}$	...	$\max_t R_{1rt}$	$\max_k \max_t R_{1kt}$
A_2	$\max_t R_{21t}$	$\max_t R_{22t}$	...	$\max_t R_{2rt}$	$\max_k \max_t R_{2kt}$
...
A_m	$\max_t R_{m1t}$	$\max_t R_{m2t}$	...	$\max_t R_{mrt}$	$\max_k \max_t R_{mkt}$

Таблица 4. Произведения конечных приносов

Z_k PZ_k	Z_1 PZ_1	Z_2 PZ_2	...	Z_r PZ_r	
A_i			...		$\Pi_k \Pi_t K_{ikt}$
A_1	$\Pi_t K_{11t}$	$\Pi_t K_{12t}$	...	$\Pi_t K_{1rt}$	$\Pi_k \Pi_t K_{1kt}$
A_2	$\Pi_t K_{21t}$	$\Pi_t K_{22t}$	...	$\Pi_t K_{2rt}$	$\Pi_k \Pi_t K_{2kt}$
...
A_m	$\Pi_t K_{m1t}$	$\Pi_t K_{m2t}$	...	$\Pi_t K_{mrt}$	$\Pi_k \Pi_t K_{mkt}$

такая альтернатива, выбор которой обуславливает минимум максимального риска. Это значит, что необходимо найти элемент тензора $|R_{ikt}|$, удовлетворяющий условию:

$$S_{ikt} = \min_i \max_k \max_t R_{ikt} \quad (9)$$

Процедура его поиска аналогична нахождению значения V_{ikt} в модели Вальда. Тензор $|R_{ikt}|$ преобразуют в матрицу $|\max_t R_{ikt}|$, из которой выделяют вектор-столбец $|\max_k \max_t R_{ikt}|$ (таблица 3). Данные последнего используют для определения S_{ikt} , а тем самым и оптимальной альтернативы месторасположения предприятия.

На практике одновременно применяют модель Вальда и модель Сэвиджа и выбирают такую альтернативу, которая является оптимальной по обоим критериям. Необходимо, однако, отметить, что использование этих моделей не гарантирует учет поставленных целей и влияющих на их достижение факторов, так как веса целей и факторов не принимаются во внимание.

4.3. Модели, основанные на искусственных критериях

Описываемые ниже критерии, которые могут быть использованы в моделях выбора месторасположения предприятия, мы назвали искусственными, так как им зачастую не может быть дана простая и наглядная интерпретация. Вместе с тем они находят практическое

применение при решении различного рода задач, в частности, имеющих элементы прогнозирования, так как у них расширен круг учитываемых параметров.

4.3.1. Критерий произведений

По этому критерию из элементов тензора $|K_{ikt}|$ вначале строят матрицу $|\Pi_t K_{ikt}|$, а затем вектор-столбец $|\Pi_k \Pi_t K_{ikt}|$ (таблица 4). Элементы матрицы представляют собой произведения конечных приносов всех факторов для каждой цели:

$$\Pi_t K_{ikt} = K_{ik1} * K_{ik2} * \dots * K_{iks} \quad (10)$$

а элементы вектор-столбца-произведения произведений конечных приносов всех целей:

$$\Pi_k \Pi_t K_{ikt} = \Pi_t K_{i1t} * \Pi_t K_{i2t} * \dots * \Pi_t K_{irt} \quad (11)$$

Оптимальной альтернативой месторасположения предприятия является та, для которой произведение произведений конечных приносов имеет максимальное значение.

4.3.2. Критерий Гурвица

В соответствии с этим критерием для каждой альтернативы рассчитывают средние взвешенные значения конечных приносов всех целей и факторов, влияющих на их достижение:

$$G_i = v * \min_k [\mu * \min_t K_{ikt} + (1 - \mu) * \max_t K_{ikt}] + (1 - v) * \max_k [\mu * \min_t K_{ikt} + (1 - \mu) * \max_t K_{ikt}] \quad (12)$$

Здесь μ и ν – весовые коэффициенты, численные значения которых лежат в пределах $0 \leq \mu \leq 1$ и $0 \leq \nu \leq 1$. При $\mu = 1$ и $\nu = 1$ критерий Гурвица соответствует модели Вальда, а при $\mu = 0$ и $\nu = 0$ он превращается в критерий азартного игрока. При использовании этого критерия чаще всего задают $\mu = 0,5$ и $\nu = 0,5$. Основанием для выбора оптимальной альтернативы здесь является максимум среднего взвешенного значения конечных приносов.

4.4. Обобщенная модель

Наиболее полный учет всех параметров (ожидаемая прибыль E_{ikt} , транспортные затраты T_i , вероятность достижения поставленных целей PZ_k и вероятность влияния рассматриваемых факторов PF_{kt}) сделан в обобщенной модели выбора месторасположения предприятия. В ее основе лежит расчет средних выигрышей W_i , из анализа которых проводится последующий выбор альтернативы.

Средний выигрыш для каждой i -ой альтернативы месторасположения рассчитывается следующим образом:

$$\begin{aligned}
 W_i = & (E_{i11} * PF_{11} + E_{i12} * PF_{12} + \dots + E_{i1s} * PF_{1s}) * PZ_1 + \\
 & + (E_{i21} * PF_{21} + E_{i22} * PF_{22} + \dots + E_{i2s} * PF_{2s}) * PZ_2 + \dots + \\
 & + (E_{irs} * PF_{rs} + E_{ir2} * PF_{r2} + \dots + E_{ir1} * PF_{r1}) * PZ_r - \\
 & - \sum_j b_j * c_j * [(X_i - x_j)^2 + (Y_i - y_j)^2]^{1/2} = \\
 & = \sum_k (\sum_t E_{ikt} * PF_{kt}) * PZ_k - T_i. \quad (13)
 \end{aligned}$$

При этом используются данные таблицы 1 и задаваемая соотношением (1) связь между прибылью, транспортными издержками и конечными приносами. Соответствующая максимальному значению W_i альтернатива месторасположения является наиболее благоприятной.

Для практического применения описанной модели выбора месторасположения предприятия разработано программное обеспечение, которое может быть реали-

зовано на персональной ЭВМ. Программа практически не имеет ограничений по числу рассматриваемых параметров и включает в себя методический материал, учебный пример и алгоритм решения задачи.

В заключение отметим, что решение о месторасположении предприятия принимается в имеющихся на данный момент политических, экономических, экологических и прочих условиях, а правильность его проявляется только в будущем. Поэтому целесообразно использовать многоступенчатый интерактивный способ, когда определяется месторасположение, приводящее к поставленным предприятием целям спустя заданный интервал времени после принятия решения, а учитываемые параметры должны быть коррелированы с учетом момента времени, на который делается прогноз.

Литература

1. Борманн Д., Воротина Л., Федерманн Р. Менеджмент: Предпринимательская деятельность в рыночной экономике.— Гамбург: S + W Steuer- und Wirtschaftsverlag, 1992.— 906 с.
2. Weber A. Uber den Standort der Industrien.—2. Aufl. Tubingen, 1922.
3. Воробьев Л.А. Метод экспертных оценок/Препринт/Минск: Белорусский аграрный технический университет, 1992. №384.— 7с.
4. Тимофеев А.В. Интеллектуальное управление нелинейными системами и нейронными сетями с адаптивной архитектурой//Проблемы информатизации. —1996. №1.— С.34—38.
5. Лисичкин В. О прогнозирующих системах.—М.: Наука, 1969.
6. Воробьев Л.А. Принятие решений в условиях неопределенности/Препринт/Минск: Белорусский аграрный технический университет, 1992. №385.— 4 с.