

## Управление персоналом в риэлторском агентстве

*Р.А. Осипян, А.Б. Усов*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Исследуется динамическая модель управления персоналом в риэлторском агентстве. Структура системы управления включает риэлторскую компанию в качестве Ведущего и риэлтора в качестве Ведомого. Отношения строятся на основе иерархии, соответствующей информационным регламентам игр Штакельберга. В качестве метода иерархического управления используется побуждение. Представлены алгоритмы для достижения равновесия в разных информационных регламентах. Численная реализация этих алгоритмов основана на имитационном моделировании, результаты анализируются.

**Ключевые слова:** риэлторская компания, иерархия, имитационное моделирование, игра Штакельберга, игра Штакельберга с обратной связью, побуждение, Ведущий, Ведомый, динамическая система.

### Введение

В современном мире невозможно представить существование рынка недвижимости без деятельности риэлторских компаний. В [1] описан порядок проведения сделок с недвижимым имуществом клиентов, структура риэлторской компании, виды риэлторских услуг. Однако высокая конкуренция, экономические кризисы могут привести к снижению прибыли или убытку компаний. Наиболее важные проблемы экономики и управления недвижимостью представлены в [2]. Предотвратить излишние расходы и оптимизировать работу агентства недвижимости можно с помощью создания математической модели системы деятельности риэлторских компаний и риэлторов. В [3-4] приведены примеры построения математических моделей.

Исследование моделей основано на теоретико-игровом и иерархических подходах. Система управления и объект управления состоят из нескольких уровней иерархии и взаимодействуют как участники игры, а на каждом уровне решения принимаются на основе оптимальной стратегии и влияют на поведение системы в целом. Исследования теоретико-игровых моделей и выводы относительно сравнительной эффективности методов иерархического управления описаны в [5].

## Постановка задачи

В состав системы управления входит риэлторская компания, которая является Ведущим, а также риэлтор, который выступает в роли Ведомого. Для нахождения оптимального решения для данной задачи используем динамическую двухуровневую систему. В [6] приведен пример исследования динамической модели. Целевые функционалы риэлторской компании и риэлтора отражают их доход в общем виде. Управление компании включает оплату рекламы, а управление риэлтора – время, затраченное на работу.

Целевой функционал риэлторской компании:

$$J_0(u(t), r(t)) = \int_0^T [\beta SK(r(t))(1 - \alpha - C) - D - H(r(t)) - u(t)] dt \rightarrow \max_{u(t)}$$

Целевой функционал риэлтора:

$$J_1(v(t), r(t)) = \int_0^T [\beta SCK(r(t)) - L(v(t))] dt \rightarrow \max_{v(t)}$$

Ограничения на управления риэлторской компании и риэлтора:

$$u_{min} \leq u(t) \leq u_{max}; \quad u_{min}, u_{max} - const$$

$$v_{min} \leq v(t) \leq v_{max}; \quad v_{min}, v_{max} - const$$

Скорость изменения эффективности рекламы выражается через дифференциальное уравнение:

$$\dot{r}(t) = p(t, r(t), v(t))$$

Дифференциальное уравнение эффективности рекламы приведенное в [7], для данной задачи примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{r}(t) = k(r(N - r) + vl_1 + ul_2) \\ r(0) = \frac{N}{m} \end{array} \right\}$$

Условие гомеостаза состоит в ограничении эффективности рекламы:

$$r_{min} \leq r \leq r_{max}; \quad r_{min}, r_{max} - const$$

Отрезок времени функционирования системы:  $t \in T = [0, T]$ .

### Алгоритмы решения

Для нахождения равновесия используются два информационных регламента игры Штакельберга.

Промежуток времени  $[0, T]$  разбивается на  $P$  частей, в каждой из которых стратегия Ведомого и Ведущего не изменяется после выбранной стратегии в начале промежутка.

При побуждении:

1) Для каждого из наборов стратегий Ведущего путем перебора находим набор стратегий Ведомого, при котором целевой функционал Ведомого будет принимать максимальное значение.

2) Путем перебора всех наборов стратегий Ведущего, зная соответствующий набор стратегий Ведомого, определяем тот, при котором достигается максимальное значение целевого функционала Ведущего.

3) Найденная пара наборов стратегий  $((u_1^*, v_1^*), (u_2^*, v_2^*), \dots, (u_p^*, v_p^*))$  определяет равновесие Штакельберга.

При побуждении с обратной связью по управлению:

1) Для каждого из наборов стратегий Ведущего путем перебора находим набор стратегий Ведомого, при котором целевой функционал Ведомого будет принимать максимальное значение.

2) Путем перебора всех найденных пар наборов стратегий Ведущего и Ведомого находим наименьшее значение целевого функционала Ведомого, тем самым определяем стратегию наказания  $L$  Ведомого.

3) Для всех пар наборов стратегий Ведущего и Ведомого, в которых значение целевого функционала Ведомого больше стратегии наказания  $L$ , определяем тот, при котором достигается максимальное значение Ведущего.

4) Найденная пара наборов стратегий  $((u_1^*, v_1^*), (u_2^*, v_2^*), \dots, (u_p^*, v_p^*))$  определяет равновесие Штакельберга.

---

Примеры использования и численная реализация информационных регламентов игр Штакельберга при побуждении, основанная на имитации представлена в [8-10].

### Результаты

Исследуем модель имитационным методом. Пусть изменение стратегий субъектами принимаются 4 раза за отрезок функционирования системы  $T$ . Согласованность интересов субъектов выражается значением коэффициента системной согласованности  $K = \frac{J_0((u_1^*, v_1^*), (u_2^*, v_2^*), (u_3^*, v_3^*), (u_4^*, v_4^*))}{J_{0\max}}$ .

Общий вид функциональных зависимостей:

$$K(r(t)) = B^\gamma r(t), \text{ где } B - \text{const}, H(r(t)) = Ar(t), \text{ где } A - \text{const}$$

$$L(v(t)) = zv(t)^\psi, \text{ где } z - \text{const}$$

Примем следующие сокращения для алгоритмов имитационного моделирования:  $Wt$  – равновесие побуждения  $Vt$  – равновесие побуждения с обратной связью по управлению.

Зафиксируем следующие параметры в нашей модели:

$$m = 20, l_1 = 80, l_2 = 40, T = 12, \beta = 0.06, B = 0.9, \psi = 1.1, r_{\min} = 0, \gamma = 2, \\ r_{\max} = 300, A = 8, D = 200, a = 0.1, v_{\min} = 0, v_{\max} = 60, u_{\min} = 0, z = 3, \\ u_{\max} = 100, k = 0.00011, C = 0.30, N = 160.$$

Пример 1. При изменении параметра  $S$ . Результаты счета в таблице №1.

Таблица №1

$S$	$Wt$ $J_1$	$Wt$ $J_0$	$Wt$ $K$	$Vt$ $J_1$	$Vt$ $J_0$	$Vt$ $K$
2400	4682	7485	0.901	3476	8229	0.990
2500	4716	8067	0.912	3638	8801	0.994
2600	4970	8575	0.913	3798	9389	1
2700	5223	9082	0.915	4069	9931	1

Пусть теперь:  $k = 0.00010, S = 2300, z = 2$ .

Пример 2. При изменении параметра  $N$ . Результаты счета в таблице №2.

Таблица №2

N	$Wt$ $J_1$	$Wt$ $J_0$	$Wt$ $K$	$Vt$ $J_1$	$Vt$ $J_0$	$Vt$ $K$
175	4054	7046	0.911	3968	7734	1
180	5035	7762	0.927	4370	8368	1
185	5041	7837	0.925	4471	8470	1
190	5043	7912	0.926	4475	8545	1

### Выводы

После анализа результатов исследований были обнаружены определенные закономерности работы системы и сделаны выводы:

1. При использовании обратной связи прибыль Ведущего, а также согласованность системы имеют большие значения, чем в случае без обратной связи, но прибыль Ведомого может снизиться.

2. При игре Штакельберга с обратной связью по управлению разумный Ведомый соглашается на сотрудничество с Ведущим.

3. В большинстве случаев, при использовании игры Штакельберга с обратной связью по управлению, выбор управления Ведущим не оказывает влияния, так как коэффициент системной согласованности достигает максимального значения.

### Заключение

В настоящей работе была предложена двухуровневая динамическая модель взаимоотношений риэлторской компании и риэлторов, целью которой является максимизация дохода каждого из участников. Для организации иерархического управления были применены 2 информационных регламента игры Штакельберга при побуждении, при котором компания контролирует состояние системы через воздействие на решения риэлтора. Исследование модели было проведено имитационным моделированием с помощью ЭВМ.

## Литература

1. Батяев А.А. Справочник риэлтора. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 320 с.
2. Марченко А.В. Экономика и управление недвижимостью. – М.: Феникс, 2016. – 352 с.
3. Советов Б. Я., Яковлев С.А. Моделирование систем –3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
4. Белокобыленко И.А., Угольницкий Г.А. Оценка количественных параметров социальной стратификации на уровне региона: имитационное моделирование // Инженерный вестник Дона. 2022. №11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8029](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8029)
5. Чхартишвили А.Г. Теоретико-игровые модели информационного управления. М.: ЗАО «ПМСОФТ», 2004. –227 с.
6. Мальсагов М. Х., Угольницкий Г. А., Усов А. Б. Динамическая модель оценивания при коррупции, УБС, 87. 2020. с.86–100
7. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1987–160 с.
8. Нинидзе Д.Л., Усов А.Б. Согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций в случае нескольких агентов // Инженерный вестник Дона. 2020. №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6443](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6443)
9. Yang G. and Hespanha J.P., "Modeling and mitigating link-flooding distributed denial-of-service attacks via learning in Stackelberg games" in Handbook of Reinforcement Learning and Control, Cham, Switzerland, pp. 433-463, 2021.
10. Dockner E., Jorgensen S., Long N.V. and Sorger G., Differential Games in Economics and Management Science Cambridge University Press, 2000. 382p.

## References

1. Batyayev A.A. Spravochnik rieltora [Realtor's Guide]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2006. 320 p.
2. Marchenko A. V. Ekonomika i upravleniye nedvizhimost'yu [Economics and Real Estate Management]. Moskva: Feniks, 2016. 352 p.
3. Sovetov B. YA., Yakovlev S.A. Modelirovaniye system [Modeling of Systems] 3-e izd., pererab. i dop. M.: Vyssh. shk., 2001. 343 p.
4. Belokobylenko I.A., Ugol'nitskiy G.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №11. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8029](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/8029)
5. Chhartishvili A.G. Teoretiko-igrovye modeli informacionnogo upravlenija [Game-theoretic models of information management]. M.: ZAO «PMSOFT», 2004. 227 p.
6. Mal'sagov M. KH., Ugol'nitskiy G. A., Usov A. B. Dinamicheskaya model' otsenivaniya pri korruptsii, UBS, 87. 2020. pp.86–100.
7. Amel'kin V.V. Differentsial'nyye uravneniya v prilozheniyakh [Differential equations in applications]. M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1987. 160 p.
8. Ninidze D.L., Usov A.B. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6443](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6443)
9. Yang G. and Hespanha J.P., "Modeling and mitigating link-flooding distributed denial-of-service attacks via learning in Stackelberg games" in Handbook of Reinforcement Learning and Control, Cham, Switzerland. 2021. pp.433–463.
10. Dockner E., Jorgensen S., Long N.V. and Sorger G., Differential Games in Economics and Management Science Cambridge University Press, 2000. 382 p.