Математические структуры и моделирование
2001, вып. 7, с. 85–93

УДК 51-77

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ БРАЧНЫХ ПАР

Ю.В. Фролова

The article presentes the simulation model of family formation process. It describes the algorithm of the marriage partner choose in social environment. The computer model was realized on $\mathcal{SWARM}$.

Введение

Работа посвящена описанию имитационной модели формирования брачных пар. При проектировании модели и проведении компьютерного эксперимента применяется мульти-агентный подход.

При построении имитационной модели формирования брачных пар возникает необходимость описания самого процесса брачного отбора в виде определенного алгоритма действия, в основу которого закладывается социологическая теория.

Брачное поведение – это поведение, целью которого является удовлетворение потребности в браке, поведение, связанное с выбором брачного партнера (то есть с брачным отбором). Под *брачным отбором* понимается процесс, в результате которого из совокупности (пространства) возможных выборов брачного партнера так или иначе, тем или иным способом отбирается тот единственный партнер (партнерша), который (которая) и становится мужем (женой). Вступление в брак, выбор брачного партнера не являются произвольными. Они подчиняются действию определенных факторов: культурного, социального, психологического и даже отчасти социально-биологического характера [1].

При построении модели мы рассматриваем действие двух социологических факторов брачного выбора: *гомогамия* и *близость (соседство)*.

Термин «гомогамия» обычно употребляется для обозначения тенденции заключения браков между людьми, обладающими некоторыми общими или сходными характеристиками: социальными, психологическими, физическими и т.д. Социологические теории, рассматривающие гомогамию как один из основных факторов выбора брачного партнера, утверждают, что важнейшими характеристиками в этом отношении являются: возраст, этническая принадлежность, социальный статус, образование, уровень интеллекта, внешность и т.д. При этом наибольшей является роль возраста, этнической принадлежности и образования [1].

© **2001 Ю.В. Фролова**

E-mail: frolova@univer.omsk.su

Омский государственный университет

Роль возраста в брачном отборе подтверждается многочисленными статистическими и социологическими данными. При этом роль возраста несколько специфична, поскольку в этом случае более вероятным является не совпадение (равенство) возрастов партнеров, а небольшое превышение возраста партнера мужского пола.

Роль образования как фактора брачного отбора столь же велика. Американский исследователь Брюс Экланд, говоря о роли образования в брачном отборе, указывал на то, что по его мнению «половину сходства социальной принадлежности в браке обеспечивает ассортативная брачность по образованию» [1]. Поэтому вероятность вступления в брачные отношения у людей с одинаковым или близким образованием выше.

Другим важнейшим социологическим фактором брачного отбора является близость (соседство). Под близостью понимается пространственная, территориальная близость, проживание по соседству, а также работа в одной и той же организации (близость рабочих мест) или учеба в одном и том же учебном заведении. Роль близости связана с тем, что соседство, совместная работа или учеба повышают вероятность встречи с партнером, который к тому же с большей вероятностью будет иметь сходство и по другим личностным и социальным характеристикам, включая сходство ценностей, интересов.

Процесс брачного отбора завершается тем, что человек находит того единственного, как он думает, «другого», с которым он хочет соединить свою жизнь и вступить в брак.

1. Описание модели

Будем рассматривать популяцию, состоящую из трех групп, в одну из которых входят индивидуумы мужского, в другую – женского пола, а третья состоит из брачных пар, сформированных индивидуумами первых двух групп. Полагаем, что каждый индивидуум на протяжении своей холостой жизни может взаимодействовать с индивидуумами противоположного пола. В данной популяции взаимодействие индивидуумов рассматривается как выбор подходящего брачного партнера. С течением времени индивидуумы могут сохраниться или погибнуть, либо образовать брачную пару. Предполагается, что в моделируемой популяции рождение новых индивидуумов не происходит, все индивидуумы достигли брачного возраста, а образованные брачные пары со временем не распадаются.

ПЕРВЫЙ Этап.

Обозначим через $M(t)$ и $F(t)$ численность индивидуумов соответственно мужского и женского пола в момент времени t, а через $Q(t)$ – количество образовавшихся пар к моменту времени t. Для значения тех же величин в начальный момент времени введем обозначения M^0, F^0, Q^0.

Тогда, с учетом вышеизложенных предположений, изменение численности индивидуумов, а также количества брачных пар со временем запишется следующими рекуррентными соотношениями:

$$
\begin{aligned}
M(t+1) &= M(t) - \sum_{i=1}^{M(t)} \left(\mu_i(t) + \xi_i(t)\right); \\
F(t+1) &= F(t) - \sum_{j=1}^{F(t)} \left(\nu_j(t) + \zeta_j(t)\right); \\
Q(t+1) &= Q(t) + \tfrac{1}{2}\left(\sum_{i=1}^{M(t)} \xi_i(t) + \sum_{j=1}^{F(t)} \zeta_j(t)\right),
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где $\sum\limits_{i=1}^{M(t)} \xi_i(t)$, $\sum\limits_{j=1}^{F(t)} \zeta_j(t)$ выражает соответственно количество индивидуумов мужского и женского пола, участвующих в образовании брачных пар в момент времени t; $\sum\limits_{i=1}^{M(t)} \mu_i(t)$ и $\sum\limits_{j=1}^{F(t)} \nu_j(t)$ – число умерших индивидуумов соответственно мужского и женского пола в момент времени t.

Появление множителя $1/2$ в последнем выражении (1) связано с тем обстоятельством, что в формировании одной брачной пары участвуют два разнополых индивидуума, так что число вновь сформированных брачных пар в популяции вдвое меньше, чем общее число вошедших в них индивидуумов.

ВТОРОЙ Этап.

Рассмотрим популяцию состоящую из $N = M(t)$ индивидуумов $\{m_1, m_2, ..., m_N\}$ мужского пола и $L = F(t)$ индивидуумов $\{f_1, f_2, ..., f_L\}$ женского пола. Каждый индивидуум в популяции обладает определенными личностными характеристиками:

$m_i = m_i(\alpha_{m_i}(t), \beta_{m_i}(t), \gamma_{m_i}(t))$, где $\alpha_{m_i}(t), \beta_{m_i}(t), \gamma_{m_i}(t)$ выражает соответственно возраст, образование, брачное состояние i-го индивидуума мужского пола, $i = \overline{1, N}$;

$f_j = f_j(\alpha_{f_j}(t), \beta_{f_j}(t), \gamma_{f_j}(t))$, где $\alpha_{f_j}(t), \beta_{f_j}(t), \gamma_{f_j}(t)$ – возраст, образование, брачное состояние j-го индивидуума женского пола, $j = \overline{1, L}$.

Опишем изменения личностных характеристик каждого индивидуума в популяции.

1. Изменение возраста индивидуумов мужского и женского пола соответственно: $\alpha_{m_i}(t+1) = \alpha_{m_i}(t)+1$ и $\alpha_{f_i}(t+1) = \alpha_{f_i}(t)+1$. Примем, что индивидуумы имеют ограниченное время жизни. Пусть $0 < \tau_m < \infty$ означает максимально допустимую продолжительность времени жизни индивидуумов мужского пола; $0 < \tau_f < \infty$ – индивидуумов женского пола. Тогда полагаем, что i-ый индивидуум мужского пола, $i = \overline{1, N}$, и j-ый индивидуум женского пола, $j = \overline{1, L}$, дожившие соответственно до возраста $\alpha_{m_i}(t) = \tau_m$ и $\alpha_{f_i}(t) = \tau_f$ погибают, так и не вступив в брак.

2. Образование индивидуумов в данной популяции не изменяется.

3. Изменение брачного статуса индивидуумов соответственно мужского и женского пола в популяции запишем следующими соотношениями:

$$
\gamma_{m_i}(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{если состоит в браке,} \\ \gamma_{m_i}(t), & \text{иначе,} \end{cases}
$$

$$\gamma_{f_j}(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{если состоит в браке,} \\ \gamma_{f_j}(t), & \text{иначе.} \end{cases}$$

Определим в соотношениях (1) функции смерти соответственно i-го индивидуума мужского пола $\mu_i(t)$, $i = \overline{1,N}$, и j-го индивидуума женского пола $\nu_j(t)$, $j = \overline{1,L}$; а также значение функций женитьбы $\xi_i(t)$ и замужества $\zeta_j(t)$:

$$\mu_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \alpha_{m_i}(t) = \tau_m, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$\nu_j(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \alpha_{f_j}(t) = \tau_f, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$\xi_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \gamma_{m_i}(t) = 1, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

$$\zeta_j(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } \gamma_{f_j}(t) = 1, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Брачный отбор в данной популяции опишем функцией $q = q(D,G)$, зависящей от функции D, характеризующей степень соседства, и функции G, характеризующей степень гомогамии.

На данном этапе опишем функцию G, характеризующей степень гомогамии. Запишем функцию брачности (формирования брачных пар), учитывая пока только один социологический фактор брачного отбора – фактор гомогамии, основанного на корреляции возраста и образования индивидуумов. Положим, что выбор подходящего брачного партнера среди i-ых индивидуумов мужского пола осуществляется j-ми индивидуумами женского пола. Зафиксируем индекс $j = \overline{1,L}$.

Пусть $\Omega_j = \{m_1, ..., m_S\}$ – множество взаимодействующих партнеров мужского пола с j-ым индивидуумом женского пола, где $m_s, s = \overline{1,S}$ – индивидуум мужского пола; $S \leqslant N$ – число взаимодействующих индивидуумов мужского пола с j-м индивидуумом женского пола.

Для j-го индивидуума женского пола максимальная степень гомогамии с s-ым индивидуумом мужского пола, $s = \overline{1,S}$, из пространства возможного выбора Ω_j равна $G_j = \max_{s=\overline{1,S}} G_{sj}$, где G_{sj} и выражает как раз степень гомогамии s-го индивидуума мужского пола с j-ым индивидуумом женского пола. Гипотезу, согласно которой индивидуумы предпочитают тех, чьи личностные характеристики являются схожими с их собственными, запишем в виде линейной комбинации показателей гомогамии характеристик взаимодействующих индивидуумов: $G_{sj} = \sum_{k=1}^{2} w^k g_{sj}^k$ (в данном случае учитываем возраст и образование индивидуумов), где w^k, $k = 1,2$ – степень значимости (предпочтения) для индивидуума гомогамии той или иной характеристики при выборе брачного партнера, причем полагаем, что $\sum_{k=1}^{2} w^k = 1$; g_{sj}^k, $k = 1,2$ – функция характеризующая соответственно возрастную и образовательную гомогамию. Пусть $\alpha_{sj} = \alpha_{m_s}(t) - \alpha_{f_j}(t)$

– возрастной интервал s-го индивидуума мужского пола и j-го индивидуума женского пола, a – предпочитаемый возрастной интервал при брачном отборе. Тогда степень сочетания возрастов взаимодействующих индивидуумов

$$g^1_{sj} = \begin{cases} p^1_a, & \text{если } |\alpha_{sj}| \leqslant a, \\ p^2_a, & \text{если } \alpha_{sj} > a, \\ p^3_a, & \text{если } \alpha_{sj} < a, \end{cases}$$

$\sum\limits_{w=1}^{3} p^w_a = 1$, где p^w_a – вероятность сформирования брачной пары при возрастном интервале α_{sj}. Степень сочетания по образованию s-го индивидуума мужского пола и j-го индивидуума женского пола: $g^2_{sj} = \kappa(\beta_{m_s}(t), \beta_{f_j}(t)) \cdot \rho(t)$, где $\kappa(\beta_{m_s}(t), \beta_{f_j}(t))$ – коэффициент брачной ассоциации по образованию взаимодействующих индивидуумов, $\rho(t) = \frac{1}{M(t)F(t)}$ – вероятность образования брачной пары в момент времени t. Коэффициент брачной ассоциации по образованию показывает, во сколько раз та или иная комбинация уровней образования взаимодействующих индивидуумов имеет большую (если его величина больше 1) или меньшую (в противоположном случае) вероятность по сравнению с ситуацией, когда все потенциальные индивидуумы имеют равные шансы вступить в брак друг с другом.

Благодаря фактору гомогамии образуется множество схожих возможных партнеров мужского пола для j-го индивидуума женского пола: $\Gamma_j = \{m_1, ..., m_V\}$, где $m_v, v = \overline{1, V}$, – индивидуум мужского пола, обладающего сходными характеристиками с j-ым индивидуумом женского пола, то есть $G_{vj} = \max_{s=\overline{1,S}} G_{sj}$; $V \leqslant S$, – число схожих возможных партнеров среди s-х индивидуумов мужского пола, $s = \overline{1, S}$, для j-го индивидуума женского пола.

ТРЕТИЙ Этап.

Опишем функцию D, характеризующую степень соседства.

На данном этапе примем, что каждый индивидуум в популяции независимо от пола занимает определенные позиции в профессиональной и частной сферах жизнедеятельности. Полагаем, что эти позиции определяются совокупностью характеристик индивидуума, влияющих на интенсивность взаимодействия индивидуумов, и со временем они могут изменяться. В профессиональной сфере жизнедеятельности данными характеристиками может являться, например, место работы, учебы и т.п. В частной сфере – местожительство, места отдыха и т.п. Соответственно интенсивность взаимодействия будет выше среди индивидуумов, занимающих более близкие позиции в обоих сферах жизнедеятельности.

Таким образом, рассматриваем популяцию состоящую из $N = M(t)$ индивидуумов $\{m_1, m_2, ..., m_N\}$ мужского пола и $L = F(t)$ индивидуумов $\{f_1, f_2, ..., f_L\}$ женского пола. Каждый индивидуум в популяции обладает уже следующими характеристиками:

$m_i = m_i(x_{m_i}(t), y_{m_i}(t), \alpha_{m_i}(t), \beta_{m_i}(t), \gamma_{m_i}(t))$, где $x_{m_i}(t), y_{m_i}(t)$ характеризует соответственно позиции, занимаемые i-ым индивидуумом мужского пола, $i = \overline{1, N}$, в сферах профессиональной и частной жизнедеятельности;

$f_j = f_j(x_{f_j}(t), y_{f_j}(t), \alpha_{f_j}(t), \beta_{f_j}(t), \gamma_{f_j}(t))$, где $x_{f_j}(t), y_{f_j}(t)$ – позиции, занимаемые j-ым индивидуумом женского пола, $j = \overline{1, L}$, в сферах профессиональной

и частной жизнедеятельности.

Также предполагается, что выбор возможных брачных партнеров среди индивидуумов мужского пола осуществляется индивидуумами женского пола. Для каждого j-го индивидуума женского пола, $j = \overline{1, L}$, зададим «собственный радиус общения» r_j, характеризующий радиус возможного взаимодействия j-го индивидуума женского пола, занимающего определенные позиции в сферах жизнедеятельности, с индивидуумами мужского пола, занимающих близкие позиции, $i = \overline{1, N}$. Зафиксируем индекс $j = \overline{1, L}$.

Функция соседства определяет множество возможных взаимодействующих партнеров. Определим степень возможного общения индивидуумов в данной популяции, как разность их позиций в сферах жизнедеятельности: $D^x_{ij} = x_{m_i}(t) - x_{f_j}(t)$ – в профессиональной сфере, $D^y_{ij} = y_{m_i}(t) - y_{f_j}(t)$ – в частной сфере.

Функция соседства для j-го индивидуума определяется по степени совокупного общения

$$D_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } |D^x_{ij}| \leqslant r_j \& |D^y_{ij}| \leqslant r_j, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Таким образом, получим множество взаимодействующих партнеров мужского пола с j-ым индивидуумом женского пола: $\Omega_j = \{m_1, ..., m_S\}$, где $m_s, s = \overline{1, S}$ – индивидуум мужского пола, для которого функция соседства с j-ым индивидуумом женского пола имеет значение равное единицы, то есть $D_{sj} = 1$; $S \leqslant N$ – число взаимодействующих партнеров среди i-х индивидуумов мужского пола с j-ым индивидуумом женского пола.

ЧЕТВЕРТЫЙ Этап.

Опишем правило формирования брачной пары.

В итоге брачный выбор в данной популяции представляет собой процесс движения через два социологических фильтра (соседства, гомогамии) и постепенного сужения пространства возможных выборов (см. рис. 1).

Рассмотрим данную популяцию в момент времени t. Благодаря действию фактора соседства для каждого j-го индивидуума женского пола, $j = \overline{1, L}$, из множества возможных брачных партнеров $\{m_1, m_2, ..., m_N\}$ выбирается множество взаимодействующих партнеров $\Omega_j = \{m_1, ..., m_S\}$, $S \leqslant N$ (этап три); далее полученное множество Ω_j (при условии, что оно не пусто) путем прохождения фактора гомогамии сужается до множества схожих возможных партнеров для j-го индивидуума женского пола: $\Gamma_j = \{m_1, ..., m_V\}$, $V \leqslant S$ (этап два); в результате из множества Γ_j (при условии, что оно не пусто) j-ый индивидуум женского пола случайным образом выбирает λ-го индивидуума мужского пола, $\lambda \in V$, – того единственного для себя возможного партнера для брака в момент времени t. Таким образом, интенсивность взаимодействия между j-ым и λ-ым индивидуумами возрастает, то есть происходит изменение позиций j-го индивидуума в сферах жизнедеятельности:

$$x_{f_j}(t+1) = x_{f_j}(t) + b_j,$$
$$y_{f_j}(t+1) = y_{f_j}(t) + d_j,$$

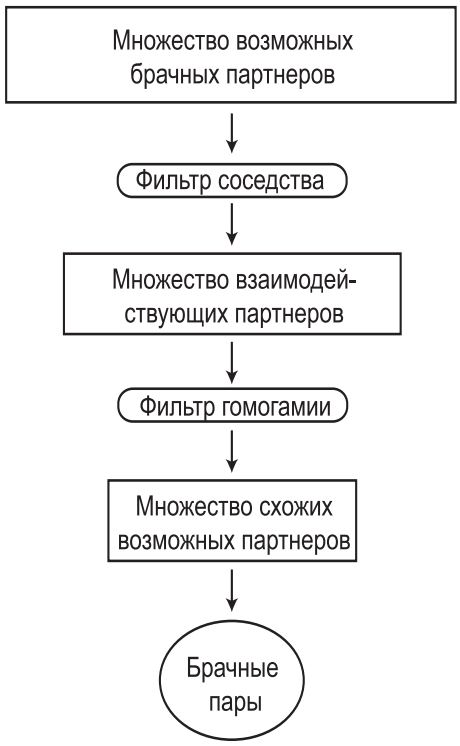

Рис. 1. Правило формирования брачных пар

где

$$b_j = \begin{cases} -1, & \text{если } D^x_{\lambda j} < 0, \\ 0, & \text{если } D^x_{\lambda j} = 0, \\ 1, & \text{если } D^x_{\lambda j} > 0, \end{cases}$$

$$d_j = \begin{cases} -1, & \text{если } D^y_{\lambda j} < 0, \\ 0, & \text{если } D^y_{\lambda j} = 0, \\ 1, & \text{если } D^y_{\lambda j} > 0. \end{cases}$$

Если же множество Ω_j или Γ_j пусто, то изменение позиций j-го индивидуума женского пола в сферах жизнедеятельности запишем в виде следующих соотношений:

$$x_{f_j}(t+1) = x_{f_j}(t) + \epsilon_j;$$
$$y_{f_j}(t+1) = y_{f_j}(t) + \theta_j,$$

где ϵ_j, θ_j – случайные величины, которые равновероятно могут принимать значения -1, 0, 1.

Процесс брачного отбора для j-го индивидуума женского пола завершается, когда интенсивность взаимодействия с тем, единственным λ-ым партнером мужского пола достигает наибольшего значения, то есть их позиции в сферах жизнедеятельности совпали ($x_{f_j}(t) = x_{m_\lambda}(t)$ и $y_{f_j}(t) = y_{m_\lambda}(t)$).

В итоге, в момент времени t образуется брачная пара, состоящая из j-го индивидуума женского пола и λ-го индивидуума мужского пола.

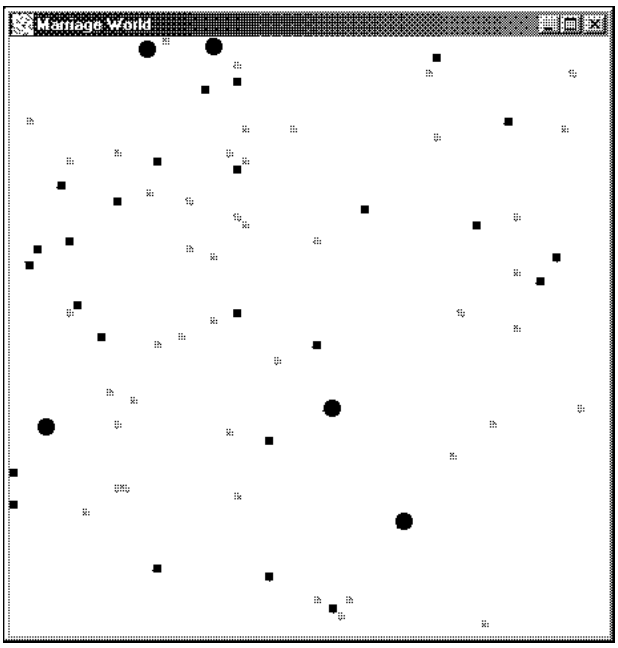

Рис. 2. Агенты искусственного общества

2. Компьютерный эксперимент

Для проектирования модели и проведении компьютерного эксперимента используется мульти-агентная система моделирования $\mathcal{SWARM}$, дающая возможность визуально наблюдать за ходом эксперимента. На экран выводится анимационная картинка, отображающая искусственную жизнь агентов, графики различных усредненных функций, например количество образованных брачных пар со временем.

Компьютерная модель представляет собой модель взаимодействия индивидуумов мужского и женского пола (агенты-мужчины, агенты-женщины) в обществе (среде). В результате процесса брачного отбора образуется брачная пара (агент-семья).

При запуске модели определяется количество агентов-мужчин и агентов-женщин, радиус общения, продолжительность жизни, степень значимости для агента гомогамии той или иной характеристики при выборе брачного партнера, а также матрица коэффициентов брачной ассоциации по образованию. Для каждого агента случайным образом задаются личностные характеристики. На рис. 2 представлена искусственная среда, в которой взаимодействуют агенты-мужчины (темные квадратики) и агенты-женщины (светлые квадратики) и происходит процесс формирования агентов-семей (черные кружки).

Изменяя начальное распределение, исследователь может вести наблюдение за ходом процесса формирования брачных пар. На рис. 3 и 4 представлены графики, отображающие количество образованных брачных пар со временем при разных радиусах общения. Можно видеть, что в случае большого радиуса агенты осуществляют брачный выбор продолжительнее, чем при малом радиусе, и количество агентов-семей гораздо меньше.

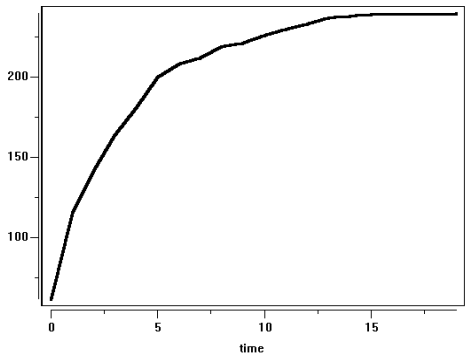

Рис. 3. Количество образованных брачных пар при малом радиусе общения

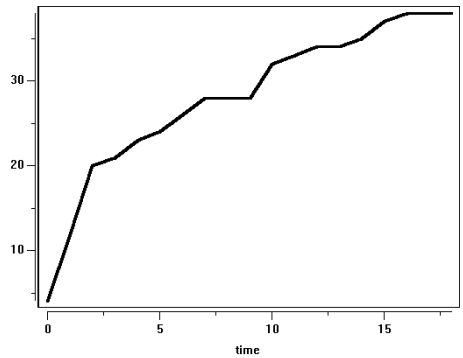

Рис. 4. Количество образованных брачных пар в случае большого радиуса общения

В завершении отметим, что данная имитационная модель представляет собой лишь некоторую попытку отобразить процесс формирования брачных пар.

Литература

1. Антонов А.И., Медков В.М. *Социология семьи.* М.: Изд-во МГУ, 1996.