

Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. 2007. *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура*. М.: КомКнига/URSS. С. 101–116.

Глава 8

Расширенные макромоделли и механизмы демографического перехода

Наиболее очевидный более специфический механизм, объясняющий как гиперболический рост населения Земли в 1850–1962/3, так и обратный "антигиперболический" тренд в последующий период, это механизм демографического перехода (см., например: Chesnais 1992; Капица 1999).

Как хорошо известно, на первой фазе демографического перехода наблюдается радикальное падение смертности. За этим следует столь же радикальное падение рождаемости (в качестве ближайшей причины которого выступает распространение практик и техник планирования семьи), но с очень заметным запозданием.

В результате, в течение значительных промежутков времени мы наблюдаем явно выраженные тенденции к увеличению темпов роста населения на фоне все увеличивающейся его численности.

Это, естественно, дает именно гиперболический эффект – чем выше численность населения, тем выше относительная (и, естественно, абсолютная) скорость его роста.

Начиная с XIX в. все больше человеческих популяций входило в первую фазу демографического перехода. Вплоть до 60-х гг. XX в. численность популяций, перешедших во вторую фазу демографического перехода, не компенсировала гиперболического роста все увеличивавшейся численности популяций первой фазы; в результате чего на общемировом уровне мы имели дело с ярко выраженным гиперболическим трендом.

Собственно говоря, механизм демографического перехода прекрасно согласуется с вышеописанными расширенными макромоделлями, описывая более конкретные отношения между интересующими нас переменными. Когда жизнеобеспечивающие технологии начинают расти темпами, значительно превышающими темпы роста населения (в наших симуляциях данный феномен определенно наблюдается с XIX в. и приобретает особо выраженный вид в XX в., что хорошо соответствует актуально наблюдаемым данным). Это приводит к значительному росту ВВП на душу населения, а значит, и к росту душевого потребления, улучшению питания, санитарных условий, здравоохранения, и, в конечном счете, к значительному снижению смертности.

Дальнейший рост ВВП на душу населения ведет к нарастанию инвестиций в сферы, непосредственно не связанные с жизнеобеспечивающей экономикой, в том числе и в образование.

При этом с одной стороны, рост образования приводит к дальнейшему ускорению экономического роста, но, с другой стороны, он ведет к сокращению рождаемости; при этом интенсивное сокращение рождаемости происходит с заметным запозданием относительно фазы интенсивного сокращения смертности.

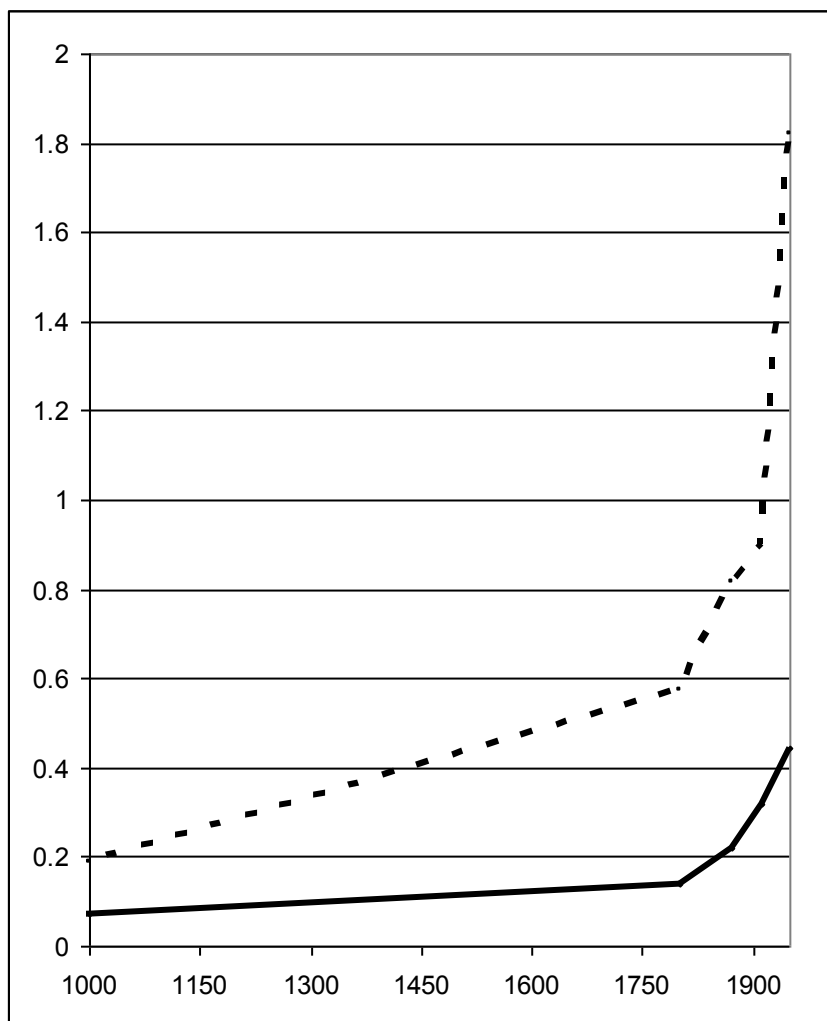
В специальной расширенной макромоделли это запаздывание во времени имитируется следующим образом: вплоть до того, как уровень грамотности достигает 50%, воздействие роста этого параметра на увеличение S (а, следовательно, и N) ощущается значительно сильнее, чем обратное действие L на N , что ведет именно к гиперболическому росту населения.

Все это имеет самое полное соответствие в реальном мире: скажем, рост грамотного меньшинства с 5 до 30% (в особенности на фоне быстро-растущей общей численности населения) приведет к колоссальному увеличению числа потенциальных эффективных инноваторов; при этом инновации, сделанные грамотным меньшинством, могут использоваться (и используются) неграмотным большинством и для благополучия неграмотного большинства.

В то же самое время отрицательное влияние женской грамотности на рождаемость (а значит, и на темпы роста населения) будет все еще незначительным и не будет в сколько-нибудь заметной степени уравновешивать отрицательное воздействие растущего среднедушевого ВВП на смертность.

Отметим, что на этом участке рост мировой грамотности актуально коррелирует с увеличением темпов роста населения мира (см. Диаграмму 8.1):

Диаграмма 8.1. Динамика мировой грамотности и темпов роста населения мира, 1000–1950 гг.

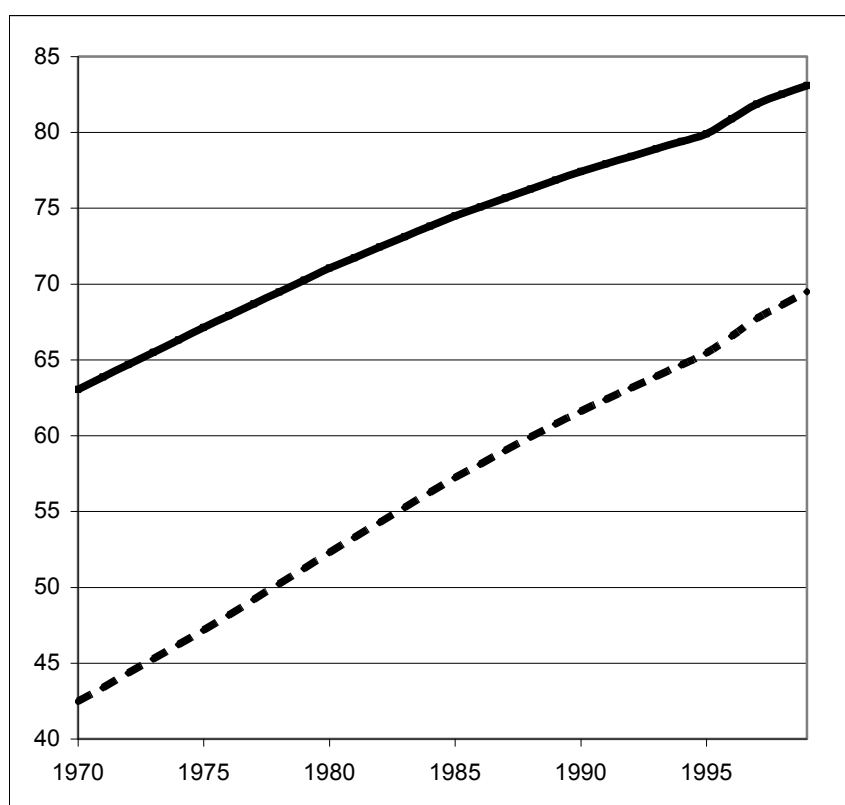


Пунктирная кривая – относительные годовые темпы роста населения мира, % (Kremer 1993)
Сплошная кривая – мировая грамотность, пропорция грамотного взрослого населения, подсчитано на основе оценок В. А. Мельянцева (1996, 2003, 2004, Meliantsev 2004).

$R = 0,961, R^2 = 0,924, \alpha < 0,01$

Как мы увидим ниже, сходное отношение между уровнем грамотности и темпами роста населения прослеживается и для более поздних периодов применительно к развивающимся странам (через кросс-национальные сопоставления). В реальном мире действие вышеописанного механизма еще больше усиливается благодаря тому, что рост женской грамотности (которая имеет наиболее сильное отрицательное действие на рождаемость, а значит и на темпы роста населения) значительно отстает относительно роста мужской грамотности. Это отставание все еще в высшей степени четко прослеживается для периода 1970–1999 гг. (см. Диаграмму 8.2):

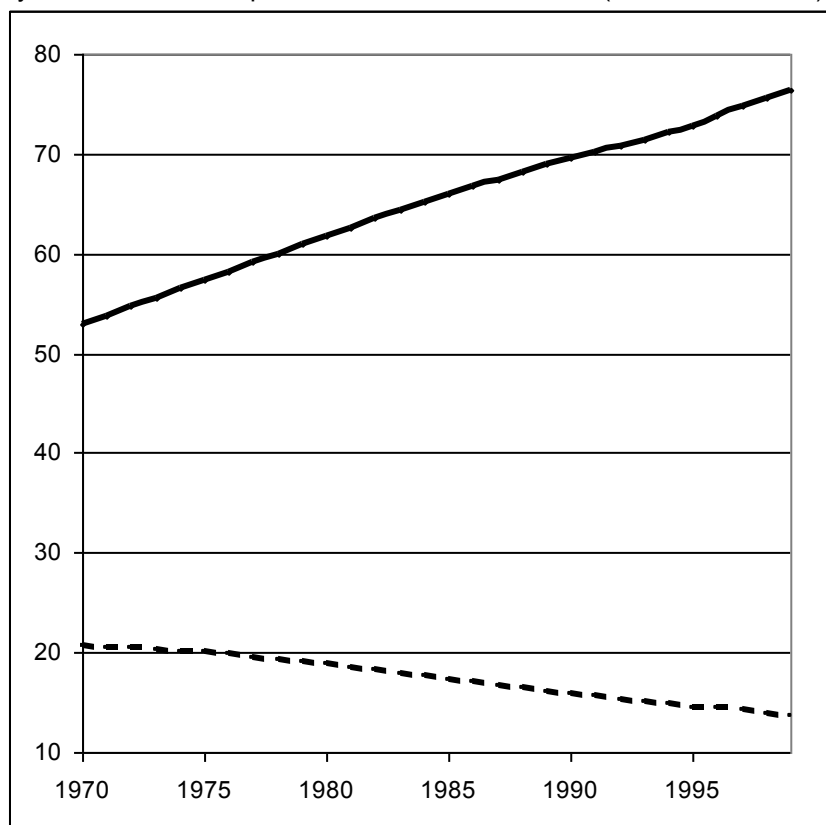
Диаграмма 8.2. Доля грамотных мужчин и женщин во взрослом населении мира, 1970–1999 гг. (World Bank 2006)



Курсивная линия – процент грамотных среди взрослого женского населения (старше 14 лет)
Сплошная линия – процент грамотных среди взрослого мужского населения (старше 14 лет)

Собственно говоря, в этот период рост мировой грамотности сопровождался уменьшением разрыва между мужской и женской грамотностью (см. Диаграмму 8.3):

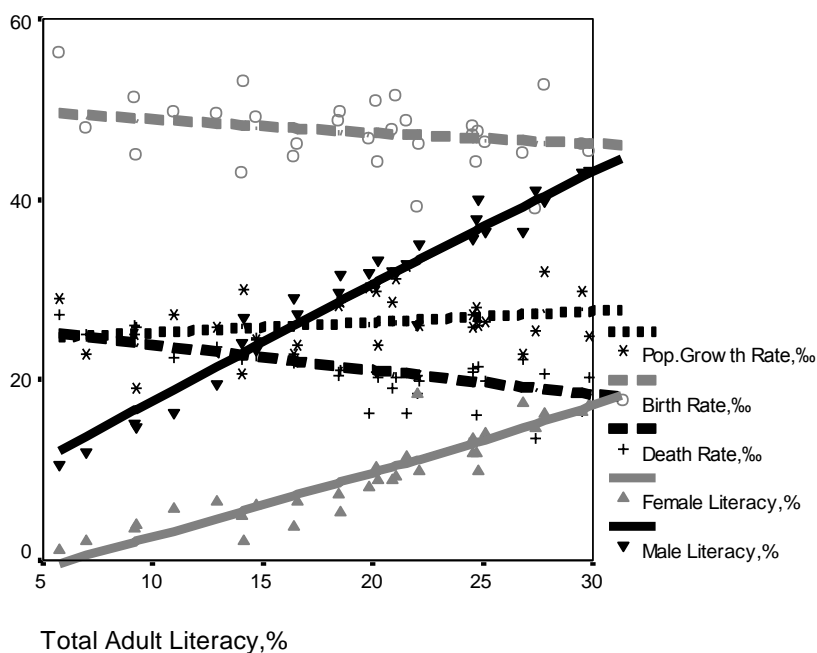
Диаграмма 8.3. Общая мировая грамотность и разрыв между мужской и женской грамотностью, 1970–1999 гг. (World Bank 2006)



Сплошная линия – общий процент грамотного взрослого населения (старше 14 лет)
Пунктирная линия – разрыв между мужской и женской грамотностью

Однако в области 5–30% общей грамотности наблюдалась тенденция к росту разрыва между мужской и женской грамотностью (см., например: Мельянцев 1996, 2003, 2004, Meliantsev 2004). Отметим, что данный паттерн прослеживается и по кросс-национальным сопоставлениям (см. Диаграмму 8.4):

Диаграмма 8.4. Соотношение между общей грамотностью (% , ось абсцисс), женской грамотностью (% , ось ординат, сплошная серая линия), мужской грамотностью (% , ось ординат, сплошная черная линия), смертностью (‰^1 , ось ординат, черная пунктирная линия), рождаемостью (‰ , ось ординат, серая пунктирная линия), и относительными темпами внутреннего роста населения² (‰ , ось ординат, черная точечная линия), страны с уровнем грамотности $\leq 30\%$, данные на 1970 г. (World Bank 2006), диаграмма рассеивания с наложенными линиями Лоуэсса



¹ ‰ – промилле, т.е. в данном случае на тысячу человек. Таким образом, скажем, общий коэффициент смертности величиной в 15‰ на год X означает, что в этом году умерли 15 из каждой тысячи человек данной популяции (например, при численности популяции в миллион человек это будет значить, что в соответствующем году умерло 15000 человек).

² Внутренние темпы роста населения были подсчитаны через вычитание показателя смертности из показателя рождаемости. Данная переменная была использована вместо стандартного показателя относительных темпов роста населения, так как последний также учитывает влияние процессов эмиграции и иммиграции, которые при всей их колоссальной важности не являются релевантными для предмета данного исследования, так как, несмотря на то, что эти процессы могут оказывать самое значимое влияние на темпы роста населения отдельных стран, они не оказывают никакого влияния на темпы роста населения мира.

Данная диаграмма, конечно же, заставляет предполагать, что и после 1962/3 гг. на участке 5–30% общей грамотности темпы роста женской грамотности значительно отставали от темпов роста мужской грамотности. Таким образом, на этом участке экономический рост (поддерживаемый в значительной степени именно ростом общей грамотности [см., например: Мельянцев 1996, 2003, 2004, Meliantsev 2004]) ведет к достаточно быстрому падению смертности; однако рост женской грамотности на этом участке оказывается слишком медленным для того, чтобы произвести столь же сильное отрицательное воздействие на рождаемость. В результате, рост грамотности на этом участке, как правило, сопровождается значительным увеличением относительных (как впрочем, естественно, и абсолютных) темпов роста населения.

Данные Всемирного Банка (World Bank 2006) показывают, что относительные темпы роста населения мира начали систематически уменьшаться после того, как уровень общей мировой грамотности превысил 50%, мужская грамотность выросла до ~60%, а женская грамотность превысила ~40%. Таким образом, после того, как L превышает 50%, ее отрицательное воздействие на темпы роста N оказывается значительно сильнее положительного воздействия через S (что соответствует второй фазе демографического перехода). Отметим, что сходный паттерн прослеживается и в демографических историях отдельных стран (см., например, Диаграммы 8.5–8.6):

Диаграмма 8.5. Демографическая динамика и рост грамотности в Гане, 1970–1997 гг. (World Bank 2006)

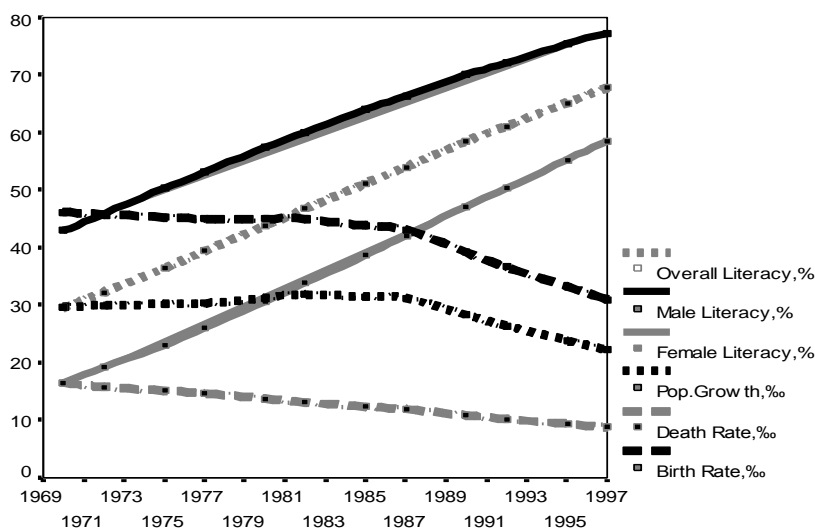
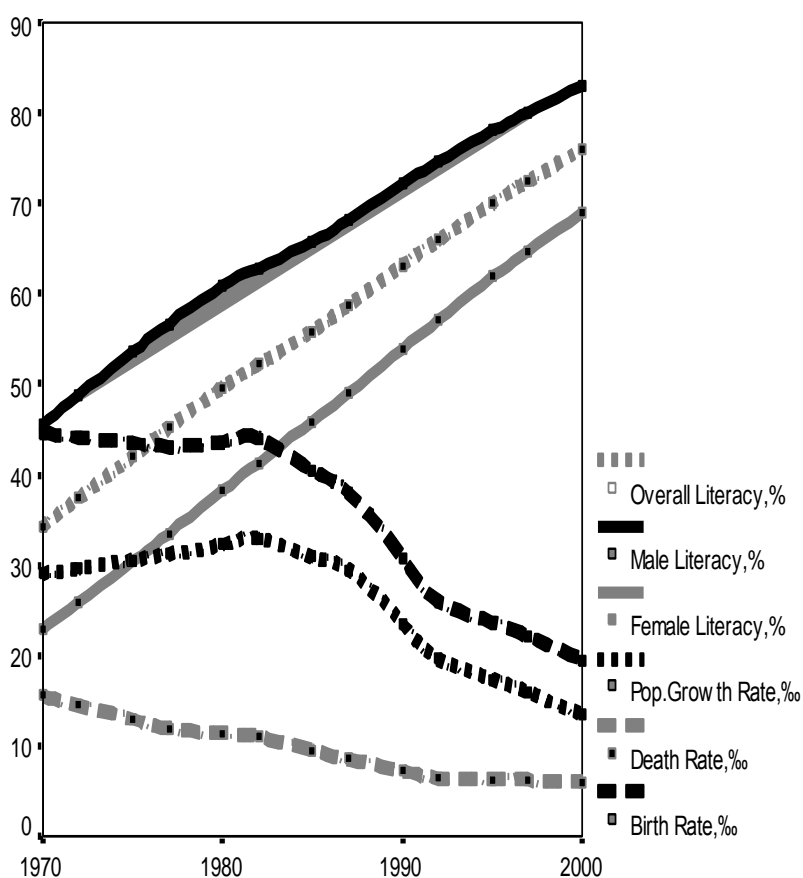


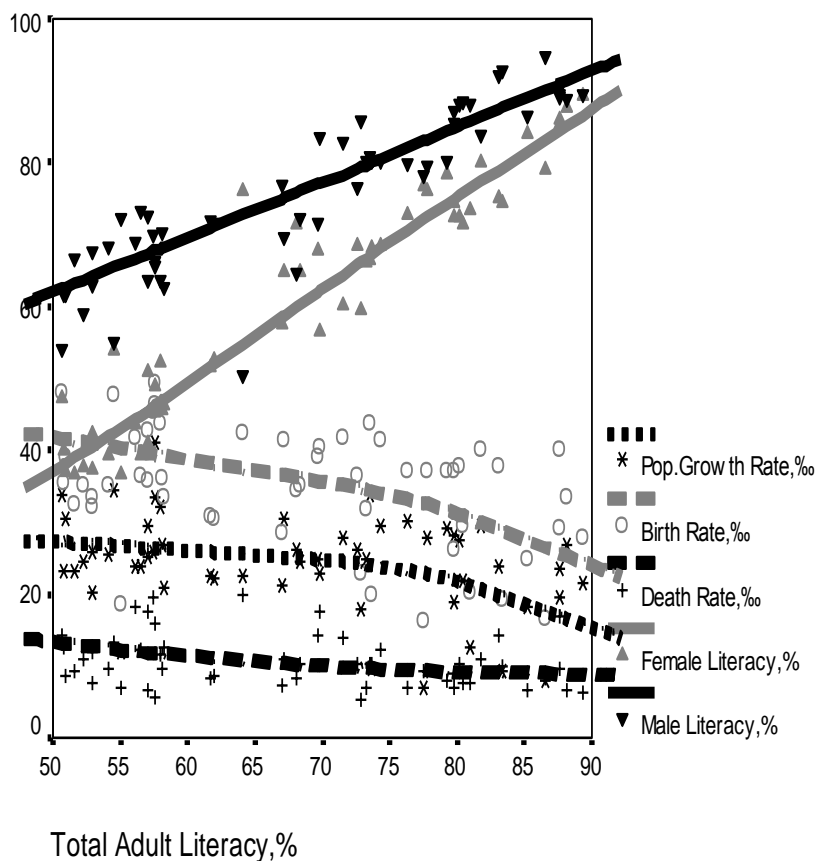
Диаграмма 8.6. Демографическая динамика и рост грамотности в Иране, 1970–2000 гг. (World Bank 2006)



ПРИМЕЧАНИЕ К ДИАГРАММАМ 8.5–8.6: *серая точечная кривая* – общая грамотность (%), *сплошная серая линия* – женская грамотность (%), *сплошная черная линия* – мужская грамотность (%), *черная пунктирная линия* – смертность (‰), *серая пунктирная линия* – рождаемость (‰), *черная точечная линия* – относительные темпы внутреннего роста населения (‰).

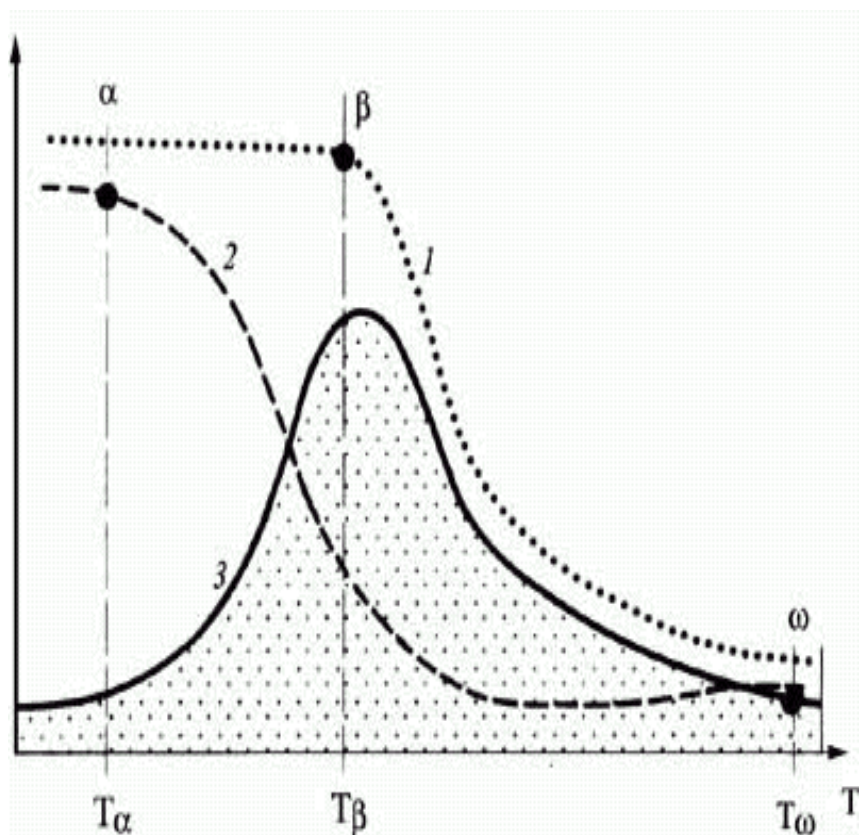
Обратное влияние грамотности на рост населения после достижения ею уровня 50% может быть легко прослежено и при помощи кросс-национальных сопоставлений (см. Диаграмму 8.7):

Диаграмма 8.7. Соотношение между общей грамотностью (% , ось абсцисс), женской грамотностью (% , ось ординат, сплошная серая линия), мужской грамотностью (% , ось ординат, сплошная черная линия), смертностью (‰, ось ординат, черная пунктирная линия), рождаемостью (‰, ось ординат, серая пунктирная линия), и относительными темпами внутреннего роста населения (‰, ось ординат, черная точечная линия), страны с уровнем грамотности 50–90%, данные на 1970 г. (World Bank 2006), диаграмма рассеивания с наложенными линиями Лоуэсса



Механизм демографического перехода обычно иллюстрируется при помощи следующей диаграммы (см. Диаграмму 8.8):

Диаграмма 8.8. Динамика демографического перехода
(из: [Капица 1999])

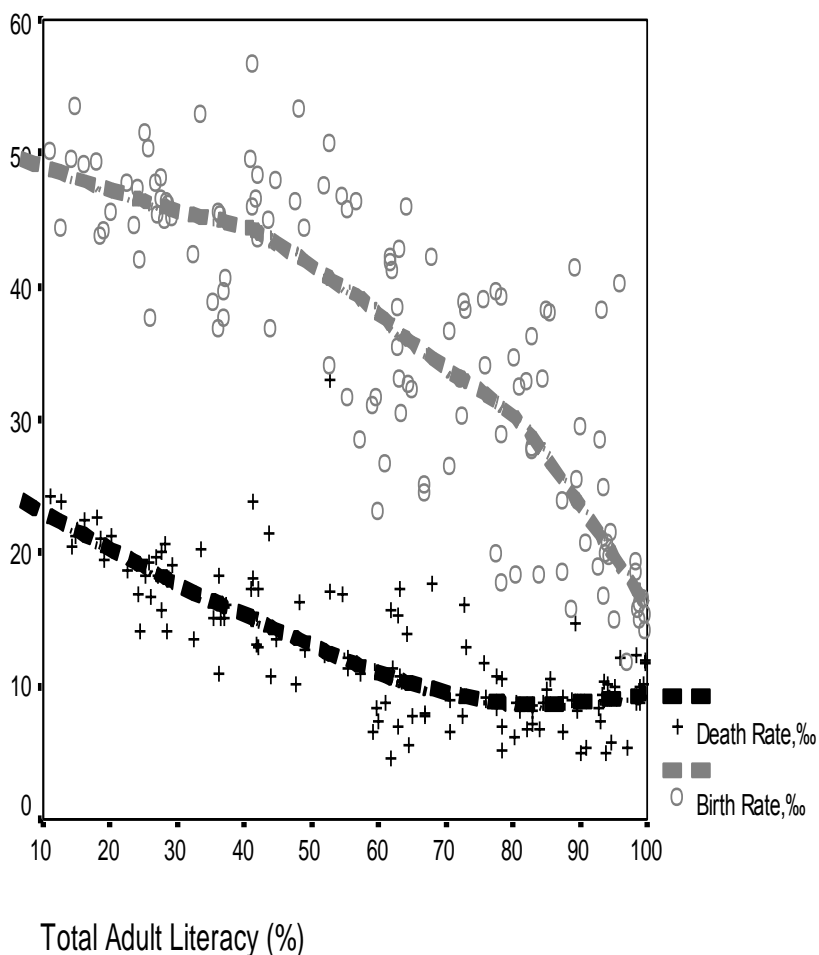


Точечная линия – рождаемость
Пунктирная линия – смертность
Сплошная линия – относительные темпы роста населения

Отметим, что если мы сделаем диаграмму рассеивания вышеприведенного типа для всего участка, мы увидим кривые рождаемости и смертности, очень похожие на те, что мы видим на стандартных диаграммах демографического перехода (возможно, за исключением крайнего левого участка – из-за того, что в базах данных по последним декадам XX в. мы уже почти не находим сведений о популяциях, находящихся в самом начале процесса демографического перехода, в силу того, что число таких попу-

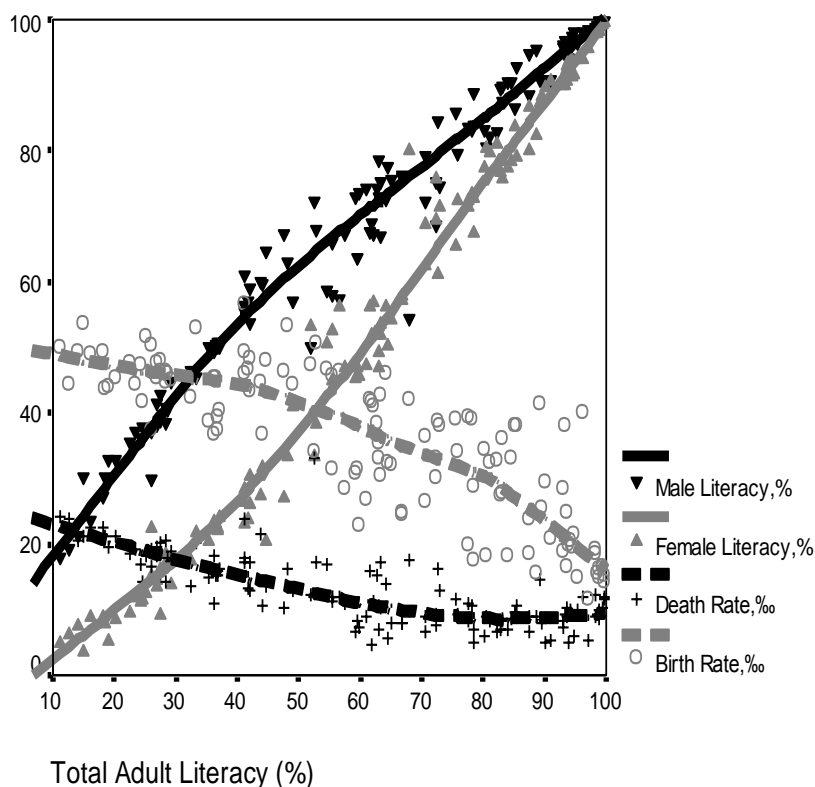
ляций на рассматриваемом временном отрезке стремительно приближается к нулю) (см. Диаграмму 8.9):

Диаграмма 8.9. Взаимосвязь между общей грамотностью (% , ось абсцисс), смертностью (‰, ось ординат, черная пунктирная линия) и рождаемостью (‰, ось ординат, серая пунктирная линия), 1975 г. (World Bank 2006), диаграмма рассеивания с наложенными линиями Лоуэсса



Если мы также наложим на диаграмму рассеивания кривые мужской и женской грамотности, мы увидим, что они представляют собой почти идеальное зеркальное отражение кривых демографического перехода (см. Диаграмму 8.10):

Диаграмма 8.10. Соотношение между общей грамотностью (% , ось абсцисс), женской грамотностью (% , ось ординат, сплошная серая линия), мужской грамотностью (% , ось ординат, сплошная черная линия), смертностью (‰ , ось ординат, черная пунктирная линия) и рождаемостью (‰ , ось ординат, серая пунктирная линия), данные на 1975 г. (World Bank 2006), диаграмма рассеивания с наложенными линиями Лоуэсса



Как мы видим, в левой части диаграммы, растущий разрыв между мужской и женской грамотностью сопровождается нарастающим разрывом

между рождаемостью и смертностью (а, следовательно, и увеличением относительных темпов роста населения).

При этом важно отметить, что общая грамотность оказывается сильнейшим предиктором как мужской, так и женской грамотности (см. Таблицу 8.1):

Таблица 8.1. Корреляция между мировой общей, женской и мужской грамотностью, 1970–1999 гг.

		Общая грамотность	Женская грамотность	Мужская грамотность
Общая грамотность	R		0,99984	0,99977
	<i>α</i>		<<0,0001	<<0,0001
Женская грамотность	R	0,99984		0,99923
	<i>α</i>	<<0,0001		<<0,0001
Мужская грамотность	R	0,99977	0,99923	
	<i>α</i>	<<0,0001	<<0,0001	

Конечно же, корреляции такого уровня не могут быть интерпретированы иначе как исключительно сильные, даже, несмотря на то, что здесь мы имеем дело с совершенно очевидной автокорреляционной компонентой.

Таким образом, грамотность взрослого населения оказывается крайне чувствительным и эффективным предиктором общей демографической динамики соответствующих социальных макросистем. Рост общей грамотности на отрезке 0-50% (и в особенности, 5-30%) выступает в качестве достаточно определенного предиктора того, что мы имеем здесь дело с ситуацией, когда мужская грамотность растет значительно быстрее, чем женская грамотность, и при этом негативное воздействие общей грамотности на смертность³ здесь не будет в сколько-нибудь достаточной степе-

³ Конечно же, в качестве непосредственной причины снижения смертности здесь выступает рост ВВП на душу населения, который, с одной стороны, ведет к улучшению качества питания, уменьшает смертность от недоедания, а с другой стороны, стимулирует рост инвестиций во многие сферы (прежде всего в систему здравоохранения), также вносящие свой вклад в снижение смертности. На первый взгляд, система образования представляет собой всего лишь одну из таких сфер, развитие которой стимулируется ростом ВВП на душу населения. Отметим, однако, что здесь мы имеем дело с действительно динамическим (типа "курица-и-яйцо") отношением, когда ни переменная *x*, ни переменная *y* не могут быть идентифицированы ни как полностью независимые, ни как полностью зависимые. Да, конечно же, рост ВВП на душу населения стимулирует развитие системы образования. Но и развитие системы образования также самым серьезным образом стимулирует рост ВВП на

ни уравновешиваться негативным влиянием женской грамотности на рождаемость. Таким образом, рост общей грамотности на этом участке будет в тенденции сопровождаться увеличением относительных и абсолютных темпов роста населения.

С другой стороны, рост общей грамотности на участке 50–100% (и в особенности на участке 60–100%) является столь же сильным предиктором того, что мы имеем здесь дело с такой ситуацией, когда женская грамотность растет значительно быстрее, чем мужская грамотность, а негативное влияние женской грамотности на рождаемость значительно перевешивает негативное влияние роста общей грамотности на смертность. Таким образом, рост общей грамотности на этом отрезке будет в тенденции сопровождаться вполне систематическим снижением относительных темпов роста населения.

Именно поэтому, несмотря на то, что мужская и женская грамотность оказывают достаточно разное воздействие на демографическую динамику, оказалось возможным избежать включения их в расширенные макромоделли в качестве двух отдельных переменных.

Собственно говоря, мы ни в коем случае не намерены утверждать, что рост грамотности это единственный фактор демографического перехода. Очень важную роль здесь, конечно же, играли и многие другие факторы, такие как развитие систем здравоохранения или социального обеспечения (см., например: Chesnais 1992). Отметим, что все эти переменные вместе с грамотностью могут рассматриваться как разные параметры одной интегративной переменной, уровня развития человеческого капитала (см., например: Мельянцев 1996, 2003, 2004, Meliantsev 2004). Стоит также отметить и то обстоятельство, что эти переменные связаны с демографической динамикой образом, очень сходным с тем, что выше был описан применительно к грамотности. В начале демографического перехода развитие системы социального обеспечения очень тесно коррелирует с уменьшением смертности, так как динамика обеих переменных в своей основе детерминируется в конечном счете, одним и тем же фактором – растущим ВВП на душу населения. Однако на второй фазе демографического перехода развитие системы социального обеспечения оказывает достаточно сильное и независимое отрицательное воздействие на рождаемость через устранение одного из важнейших стимулов к максимизации числа детей в семье.

Влияние на демографическую динамику развития системы здравоохранения демонстрирует еще более тесные параллели с тем, что мы наблюдали для роста грамотности. Отметим прежде всего, что развитие современной системы здравоохранения самым прямым образом связано с развити-

душу населения (см., например: Мельянцев 1996, 2003, 2004; Meliantsev 2004). Отметим, что это динамическое отношение находит самое прямое выражение в специальной расширенной макромоделли.

ем современной системы образования (которая, наряду с прочим, готовит медицинские кадры, без которых современная система здравоохранения была бы просто невозможна). С другой стороны, во время первой фазы демографического перехода развитие современной системы здравоохранения выступает в качестве одного из важнейших непосредственных факторов снижения смертности. С другой стороны, когда потребность в снижении рождаемости достигает критического уровня, именно современная медицина разрабатывает все более и более эффективные технологии, практики и средства планирования семьи. Примечательным представляется то обстоятельство, что рост данной потребности наблюдается во многом в результате именно снижения смертности, которая не могла бы достичь критически низких значений без достаточно развитой системы здравоохранения. Таким образом, когда потребность в снижении рождаемости достигает критического значения, те, кто такую потребность имеют, практически по определению находят систему медицинского обеспечения достаточно развитой для того, чтобы быстро и эффективно данную потребность удовлетворить.

Стоит вспомнить, что паттерн воздействия грамотности на демографическую динамику имеет почти идентичную структуру: максимальные значения относительных темпов роста населения не могут быть достигнуты без выхода на определенный (достаточно высокий) уровень экономического развития, который в свою очередь не может быть достигнут без достаточно заметного развития системы образования. Таким образом, тот факт, что система достигла максимальных темпов относительного роста населения, почти по определению подразумевает, что и уровень грамотности достиг таких значений, что отрицательное воздействие женской грамотности на рождаемость выросло до такого уровня, что относительные темпы роста населения начнут уменьшаться. С другой стороны, как уровень развития системы социального обеспечения, так и уровень развития системы здравоохранения демонстрируют очень тесную корреляцию с уровнем грамотности.⁴ В результате, если мы знаем, что уровень грамотности в стране А достигает 90%, а в стране Б грамотна лишь четверть

⁴ Например, наш кросс-национальный анализ базы данных *World Development Indicators* (World Bank 2006) на 1975 г. дал следующие показатели корреляции между уровнем грамотности и процентом рождений, принимаемых квалифицированным медицинским персоналом: $R = 0,83$; $\alpha < 0,0001$, сходные результаты были получены и при корреляционном анализе данных за другие годы. С другой стороны, наш анализ данных за 1995 г. показывает, что уровень грамотности менее 30% является максимально сильным ($\gamma = 1,0$) предиктором того, что взносы в фонды социального страхования будут составлять менее 5% текущих доходов (а при уровне грамотности менее 75% они будут составлять менее 15% текущих доходов). А, скажем, число врачей на 1000 человек коррелирует с уровнем грамотности экспоненциально ($R = 0.844$). (В последнем случае данные по грамотности были взяты из базы данных *World95* [SPSS 2006]; данные по другим параметрам были взяты из базы данных *World Development Indicators* [World Bank 2006]).

взрослого населения, мы можем быть совершенно уверены, что и системы здравоохранения и социального обеспечения в стране А находятся на несравненно более высоком уровне развития, чем в стране Б. Таким образом, уровень грамотности оказывается очень сильным предиктором уровня развития и таких важных факторов уменьшения рождаемости, какими являются системы социального обеспечения и здравоохранения.

Так как и в реальности, и в нашей макромоделли как спад смертности в начале процесса демографического перехода (приведший к демографическому взрыву), так и спад рождаемости на его второй фазе (приведший к радикальному уменьшению относительных [а, в конечном счете, и абсолютных] темпов роста населения) были, в конечном счете, произведены одним фактором (ростом человеческого капитала), оказалось возможным избежать включения в нашу модель смертности и рождаемости в качестве самостоятельных переменных. С другой стороны, грамотность оказалась крайне чутким индикатором уровня развития человеческого капитала, что сделало возможным избежать включения в макромоделль в качестве самостоятельных переменных других параметров этой интегративной переменной (например, разного рода показателей уровня развития систем здравоохранения или социального обеспечения).