УДК 330.4:519.86

Шуметов В.Г.

О преобразовании социально-экономических показателей в безразмерные индексы в задачах математического моделирования

В статье рассматриваются концептуальные вопросы методологии преобразования социально-экономических показателей в безразмерные индексы. Обсуждаются преимущества и недостатки трех видов преобразования: линейного преобразования, психофизического преобразования Харрингтона и пробит-преобразования. Показано, что применение в задачах экономико-математического моделирования преобразования Харрингтона отвечает экономическому принципу предельной полезности и обеспечивает адекватность оценки значений преобразуемых показателей.

Ключевые слова: социально-экономические показатели, индексный метод, математическое моделирование, преобразование переменных.

Один из вопросов, возникающих при использовании экономико-математического инструментария в задачах экономики, – выбор вида преобразования социально-экономических показателей в безразмерные индексы. Здесь важно учитывать, что выбор вида преобразования – это не только выбор математического приема, но и преимущественно решение задачи адекватной оценки значений преобразуемых показателей, а именно, вид преобразования должен отразить отношение исследователя к объекту оценивания, установить значимость для него объекта в целом или отдельных его свойств (см., например, [1]). Однако на практике задача адекватной оценки значений преобразуемых показателей зачастую подменяется задачей их перевода к безразмерному виду без учета экономической сущности преобразования.

Яркий пример такого упрощенного подхода являет широко известная методика расчета индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП) [2], согласно которой интегральный индекс рассчитывается как среднее арифметическое трех частных индексов – ожидаемой продолжительности жизни при рождении, уровня образования и уровня дохода, измеряемого величиной валового продукта на душу населения:

$$J = 1/3\left(J_1 + J_2 + J_3\right), \quad (1)$$

где J_1 – индекс ожидаемой продолжительности жизни; J_2 – индекс уровня образования населения; J_3 – индекс реального ВВП на душу населения.

Частные индексы определяются по формуле

$$J_i = \left(X_i - X_{i\min}\right)/\left(X_{i\max} - X_{i\min}\right), \quad (2)$$

где X_i – значение информативного i-го показателя для страны; $X_{i\max}$ и $X_{i\min}$ – соответственно максимальное и минимальное значения i-го показателя по массиву стран.

Экономическая суть линейного преобразования (2) в том, что тем самым исследователь предполагает линейный рост значимости частного индекса с ростом значения соответствующего показателя. Но в боль-

шинстве случаев значимость индекса связана с величиной показателя нелинейным образом. В частности, нелинейность вносит закон убывающей предельной полезности, согласно которому при потреблении блага общая полезность увеличивается, тогда как предельная полезность по мере насыщения потребности с каждой дополнительной единицей блага сокращается [3].

В данной статье не будем касаться правомочности формулы (1), согласно которой фактически предполагается полная «взаимозаменяемость» столь разных сторон уровня жизни, как здоровье, образование и уровень дохода (вопрос объединения частных индексов в обобщенный мы рассмотрим отдельно в самостоятельной публикации), отметим лишь, что причина популярности линейной функции (2) – в удобной форме представления переменных (переход к безразмерным индексам, нормирование их на единицу). Но в преобразовании (2) есть и недостаток: при нормировании на размах показателя величина индекса может быть как больше единицы (превышение максимального значения показателя), так и отрицательной (снижение показателя ниже минимального значения), что позволяет проводить межстрановые сравнения, относящиеся к одному периоду времени, но не позволяет осуществлять сравнения по временному параметру. (Справедливости ради, отметим, что в 2010 г. методика расчета ИРЧП существенно изменилась к лучшему: главная новация юбилейного двадцатого Доклада о развитии человека [4] – признание в качестве невзаимозаменяющих достижений по трем основным измерениям – долгая и здоровая жизнь, доступ к знаниям и достойный уровень жизни. Как следствие, соответствующие индексы агрегируются с использованием среднего геометрического, однако при этом преобразование информативных показателей практически остается линейным.)

Помимо закона убывающей предельной полезности, есть и другое обстоятельство, обусловливающее обращение аналитиков к нелинейным преобразованиям социально-экономических показателей – действие психофизического закона Вебера-Фехнера, согласно которому психологическая оценка какого-либо раздражителя нелинейно связана с величиной этого раздражителя (см., например, [5]). В математическом плане закон Вебера-Фехнера отражает логарифмическую зависимость силы ощущения от физической интенсивности раздражителя, в противовес закону Стивенса, по которому эта зависимость носит не логарифмический, а степенной характер [6]. (Заметим, что уже в методике расчета такого частного индекса ИРЧП, как индекс дохода, применяются не непосредственно величины среднего дохода, а их логарифмы; авторы методики объясняют это необходимостью сгладить различия между регионами с низкими доходами и регионами с высокими доходами, чему способствует нелинейный характер логарифмической функции.)

Поскольку речь идет о преобразованиях социально-экономических показателей в индексы, дающие оценку их значений, постольку для преобразующей функции логичным представляется использовать термин «функция желательности», что отражает отношение исследователя к величине социально-экономических показателей. Эти функции, которые обычно обозначаются буквой d (от фр. desirable – желательный), представляют собой способ перевода натуральных значений в единую безразмерную числовую шкалу с фиксированными границами. При этом полярные значения функции (например, 0 и 1; 0 и 100 и т.п.) соответствуют крайним градациям «очень плохо» – «очень хорошо», а промежуточные значения этой лингвистической переменной[1] также могут быть интерпретированы в аналогичных терминах (по принципу «чем ближе значение к верхней границе, тем лучше»[2]).

Из нелинейных функций желательности одна из наиболее популярных в математике – функция желательности Харрингтона [7]. В случае монотонного и нарастающего характера зависимости полезности свойств показателей от их числовых значений, функция желательности Харрингтона задается формулами:

$$di = d(zi) = \exp(-\exp(-zi)), \quad (3)$$

$$zi = (xi - xi0)/(xi1 - xi0), \quad (4)$$

где zi – кодированные значения i-го показателя, представляющие собой безразмерные величины; xi – значение i-го инфор-

мативного показателя; xi0 и xi1 – границы области «удовлетворительно» в исходной шкале:

di0 = d (zi (xi0)) = 0,368; di1 = d (zi (xi1)) = 0,692. (5)

При кодированном значении безразмерной переменной z=0 (нижняя граница области «удовлетворительно») функция желательности принимает значение 0,368, а при z=1, что соответствует верхней границе области «удовлетворительно», d(z)=0,692.

Функция Харрингтона была предложена для сопоставления физических параметров и психологических откликов и базируется на обширном экспериментальном материале, в частности, на упомянутом нами законе Вебера-Фехнера. Находят отражение в ней и следующие положения: 1) на начальном участке скорость роста функции желательности, т.е. наклон кривой зависимости d=f(X), должен увеличиваться; 2) на среднем участке, в области «удовлетворительно», скорость функции желательности должна быть максимальной и постоянной; 3) с дальнейшим увеличением значений показателя усилия на его рост возрастают, но это вряд ли целесообразно, и скорость роста функции желательности должна уменьшаться. Эти положения реализуются в функции Харрингтона следующим образом: в областях желательностей, близких к 0 и 1, ее «чувствительность» меньше, чем в средней зоне. В то же время функция Харрингтона, как и линейная, обладает такими же положительными свойствами – непрерывность, монотонность и гладкость. Есть еще одно преимущество функции Харрингтона: она определена на открытом промежутке, а не на закрытом, как индекс в методике ПРООН, что гарантирует ее невыход из интервала (0, 1).

В математическом отношении график функции Харрингтона носит S-образный характер и имеет несколько критических точек (точек перегиба), что позволяет задавать границы градаций желательности строгим образом. Точки перегиба имеют ординаты 0,20; 0,37; 0,63; 0,80 и задают стандартные отметки на шкале желательности: «очень плохо» (0,00 – 0,20), «плохо» (0,20 – 0,37), «удовлетворительно» (0,37 – 0,63), «хорошо» (0,63 – 0,80), «очень хорошо» (0,80 – 1,00). Это – «объективная» математика, определяемая свойствами двойной экспоненты, а дальше «работает» субъективность построения шкалы желательности. Существует даже такое мнение: «построение этой шкалы напоминает игру, а конкретные решения определяются соотношением азартности и осторожности исследователя» [9].

В соответствии с выражением (4), функция Харрингтона – двухпараметрическая, и ее математические свойства позволяют однозначно задать шкалу желательности всего двумя точками – границами зоны «удовлетворительно». Рекомендуется эти «реперные» точки задавать экспертным путем, но имеется и другая возможность – назначить их исходя из статистических характеристик «обучающей» выборки [10]. В основу такого статистического подхода положено допущение, что нижняя граница зоны «удовлетворительно» отвечает центральной тенденции варьирующего признака и совпадает со средним арифметическим значением показателя по реальной (обучающей) выборке (в общем случае – с медианой), а верхняя граница этой зоны «отстоит» от среднего арифметического на величину стандартного отклонения показателя (среднего квадратического отклонения). Как правило, такое назначение границ зоны «удовлетворительно» приводит к разумным результатам, отвечающим представлениям исследователя о характере связи значений показателя с оценкой их желательности.

Понятно, что такое «статистическое» определение шкалы желательности является субъективным. Но и в методике расчета частных индексов ИРЧП мы имеем субъективность, отличие лишь в том, что размахом значений показателя задается вся область желательности, от «очень плохо» до «очень хорошо», а не только лишь ее часть.

Помимо функции желательности Харрингтона, известны и другие функции желательности, носящие S-образный характер (см., например, [9, 11]). В качестве одной из них, которая может являться альтернативой функции Харрингтона, ниже мы рассмотрим интегральную функцию нормального распределения, которая также определена на открытом промежутке (0, 1) и также нелинейна[3]. Но, в отличие от функции Харрингтона, здесь мы сталкиваемся с проблемой

квантификации шкалы желательности. В случае интегральной функции нормального распределения логично использовать квинтили, т.е. поделить шкалу желательности на пять равных частей: (0,00 – 0,20), (0,20 – 0,40), (0,40 – 0,60), (0,60 – 0,80) и (0,80 – 1,00), а границами зон исходного показателя назначить соответствующие квинтили. На практике такая квантификация приводит к оценкам значений преобразуемых показателей, существенно отличающихся от оценок с помощью функции желательности Харрингтона.

Покажем это на конкретном примере из области оценки уровня жизни. Как известно, в методике расчета ИРЧП индекс уровня дохода основан на преобразовании единственного показателя – ВВП на душу населения. Однако для объективной оценки уровня дохода необходимо учитывать также и уровень расходов, и в этой связи представляется конструктивным подход авторов работы [13], в которой индикатор уровня дохода определен как отношение среднемесячных денежных доходов населения того или иного региона (субъекта Федерации) к прожиточному минимуму. В работе [13] этот комплексный показатель интерпретируется как уровень достатка: если от него отнять единицу (100%), то оставшаяся часть будет показывать долю доходов, которая может использоваться на удовлетворение потребностей более высокого уровня по отношению к потребностям, определенным прожиточным минимумом (ПМ). Данные по соотношению «денежные доходы – ПМ» приводятся в статистических источниках типа [14] в разделе «Уровень жизни» в региональном разрезе, и этот индикатор может быть использован как одна из составляющих для оценки социально-экономического развития региона.

В соответствии с вышеизложенным, сформулируем задачу: по выборке, репрезентующей распределение индикатора уровня доходов населения регионов ЦФО, построить шкалы желательности с использованием трех преобразований – пробит-преобразования, преобразования Харрингтона и линейного преобразования, с целью их сравнения.

В части построения шкалы желательности на основе преобразования Харрингтона решение этой задачи требует реализации следующих этапов:

1) формирование «обучающей» выборки и расчет ее числовых статистических характеристик – среднего арифметического (медианы, если распределение показателя не может быть аппроксимировано нормальным законом), стандартного отклонения (среднего квадратического отклонения);

2) выбор «реперных» точек, отвечающих области желательности «удовлетворительно»;

3) построение графика функции желательности d=f(z) в координатах «желательность d» – «кодированная безразмерная переменная z»;

4) построение графика функции желательности d=f(X) в координатах «желательность d» – «исходный показатель X»;

5) определение границ пяти зон желательности «очень плохо», «плохо», «удовлетворительно», «хорошо», «очень хорошо».

В качестве исходной выборки использовали данные по соотношению среднемесячных денежных доходов населения регионов Центрального федерального округа к прожиточному минимуму за период 2001-2012 гг., из которых в обучающую выборку был включен массив показателя за 2005 и 2010 гг. Проверка по тесту Колмогорова-Смирнова показала, что эта выборка после исключения из нее г. Москвы является однородной, а распределение значений индикатора по регионам ЦФО не противоречит нормальному закону, и выборка объемом 34 статистические единицы однозначно описывается двумя статистическими характеристиками – средним выборочным значением Xср=277,9% и стандартным отклонением СКО(X)=57,1%. Соответственно, «реперными» точками, отвечающими области желательности «удовлетворительно», приняты: нижняя граница зоны X0=277,9% и верхняя граница – X1=277,9+57,1=335,0%.

Отсюда следует, что явный вид функции желательности отношения среднемесячных денежных доходов населения регионов Центрального федерального округа к прожиточному минимуму задается формулой:

$$d = \exp(-\exp(-z)), \quad (6)$$

где

$$z = (X - 277{,}9)/57{,}1. \quad (7)$$

Формула (7) получена по массиву данных обучающей выборки, но она применима к данным по всем регионам за весь рассматриваемый период – с 2001 по 2012 гг., что позволяет строить графики функций d=f(z) и d=f(X) по полной выборке региональных данных. Первый из них – d=f(z) – приведен на рисунке 1 а, второй – d=f(X) – на рисунке 1 б; первый график иллюстрирует технику построения функции по двум реперным точкам с координатами (z=0; d=0,368) и (z=1; d=0,692), второй – технику определения границ пяти зон желательности. Укажем эти границы:

– граница зон «очень плохо» и «плохо» X=250%;

– граница зон «плохо» и «удовлетворительно» X=278%;

– граница зон «удовлетворительно» и «хорошо» X=323%;

– граница зон «хорошо» и «очень хорошо» X=365%.

На графике рисунка 1 б видно, что именно эти значения являются абсциссами точек перегиба функции желательности отношения среднемесячных денежных доходов населения регионов Центрального федерального округа к прожиточному минимуму.

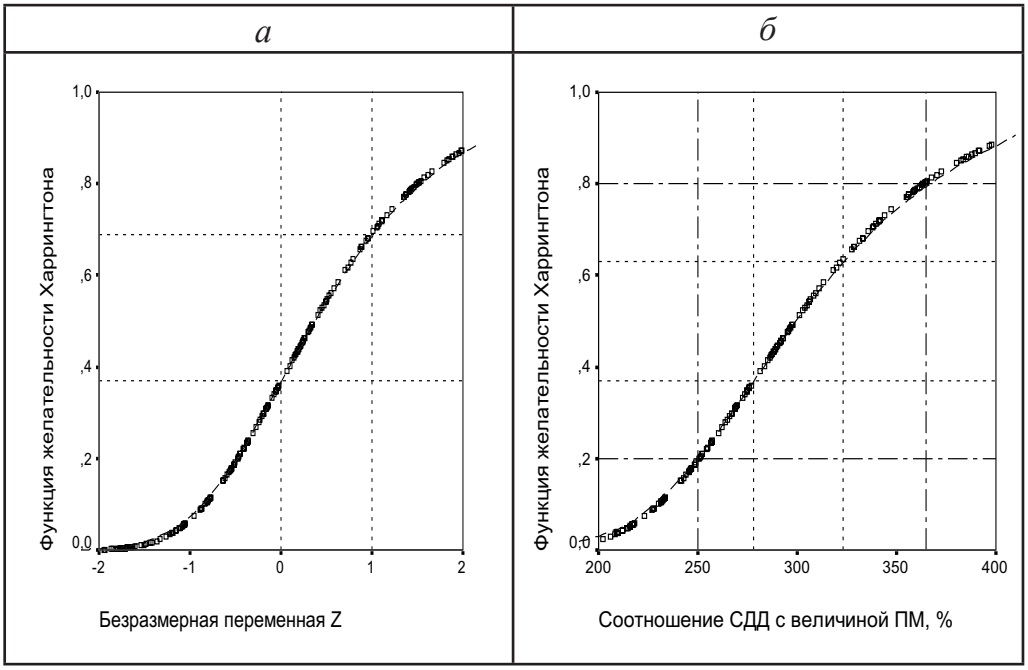


Рисунок 1 – Функция желательности Харрингтона отношения среднемесячных денежных доходов населения (СДД) регионов Центрального федерального округа к прожиточному минимуму (ПМ): а – построение функции по двум реперным точкам; б – определение границ пяти зон желательности

Видно также, что при назначении границ зоны «удовлетворительно» по сформулированному выше алгоритму, функция желательности имеет S-образный вид согласно следующим интуитивным представлениям: на начальном этапе (зоны «очень плохо» и «плохо») она быстро возрастает, а когда значения индикатора входят в зону «удовлетворительно», она носит линейный характер, впоследствии же скорость роста функции желательности замедляется. (Заметим, что при зонировании функции желательности выполнен переход от упрощенной шкалы желательности Харрингтона с тремя оценками (лингвистическими термами) к полной шкале желательности с пятью оценками, согласно которой терм «плохо» расщепляется на два терма – «очень плохо» и «пло-

хо», а терм «хорошо» – на термы «хорошо» и «очень хорошо».)

Сопоставим полученные результаты с линейной шкалой желательности, отвечающей выражению (2). Следуя традиции делить шкалы желательности на равные части, получаем следующие интервалы линейной шкалы безразмерного показателя: (0,00 – 0,20) – «очень плохо»; (0,20 – 0,40) – «плохо»; (0,40 – 0,60) – «удовлетворительно»; (0,60 – 0,80) – «хорошо»; (0,80 – 1,00) – «очень хорошо». Минимальное и максимальное значения индикатора по обучающей выборке составляют 158,9% (Ивановская область, 2005) и 428,8% (Белгородская область, 2010), по формуле (2) получаем соответствующие этим градациям границы зон желательности индикатора доходов:

– граница зон «очень плохо» и «плохо» X=213%;

– граница зон «плохо» и «удовлетворительно» X=267%;

– граница зон «удовлетворительно» и «хорошо» X=321%;

– граница зон «хорошо» и «очень хорошо» X=375%.

Рисунок 2 а иллюстрирует зонирование индикатора доходов в случае линейной шкалы желательности.

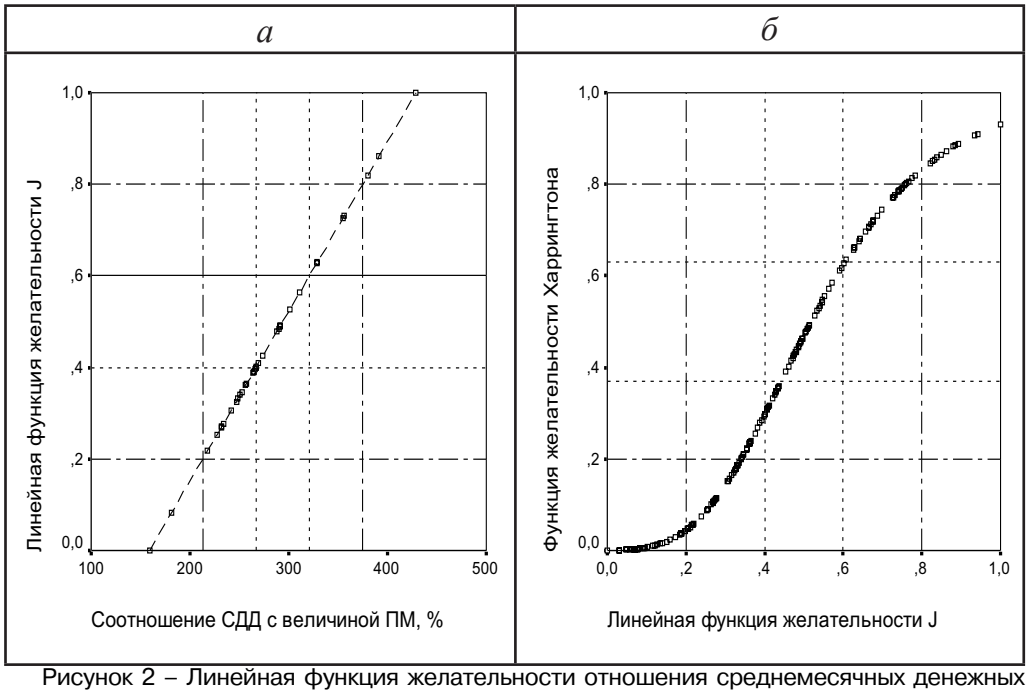


Рисунок 2 – Линейная функция желательности отношения среднемесячных денежных доходов населения регионов Центрального федерального округа к прожиточному минимуму (а) и ее сопоставление с функцией желательности Харрингтона (б)

На рисунке 2 б линейная функция желательности отношения среднемесячных денежных доходов населения регионов Центрального федерального округа к прожиточному минимуму сопоставлена с функцией желательности Харрингтона. Видно, что на участках «очень плохо», «плохо» и на первой половине зоны «удовлетворительно» линейная функция желательности индикатора доходов дает более высокие оценки, чем функция желательности Харрингтона, далее, вплоть до значений обеих функций около 0,895 – более низкие, а затем снова более высокие.

Выше в качестве одного из позитивных свойств функции желательности Харрингтона отмечалось, что она применима и за пределами значений, определенных обучающей выборкой, тогда как линейная функция желательности таким свойством не обладает. Сказанное иллюстрирует рисунок 3, на кото-

ром представлено развитие индикатора доходов населения Белгородской и Ивановской областей во времени. Видно, что линейная функция желательности доходов населения Ивановской области в 2001-2004 гг. характеризовалась отрицательными значениями, а в Белгородской области в 2011 г. превышала единицу.

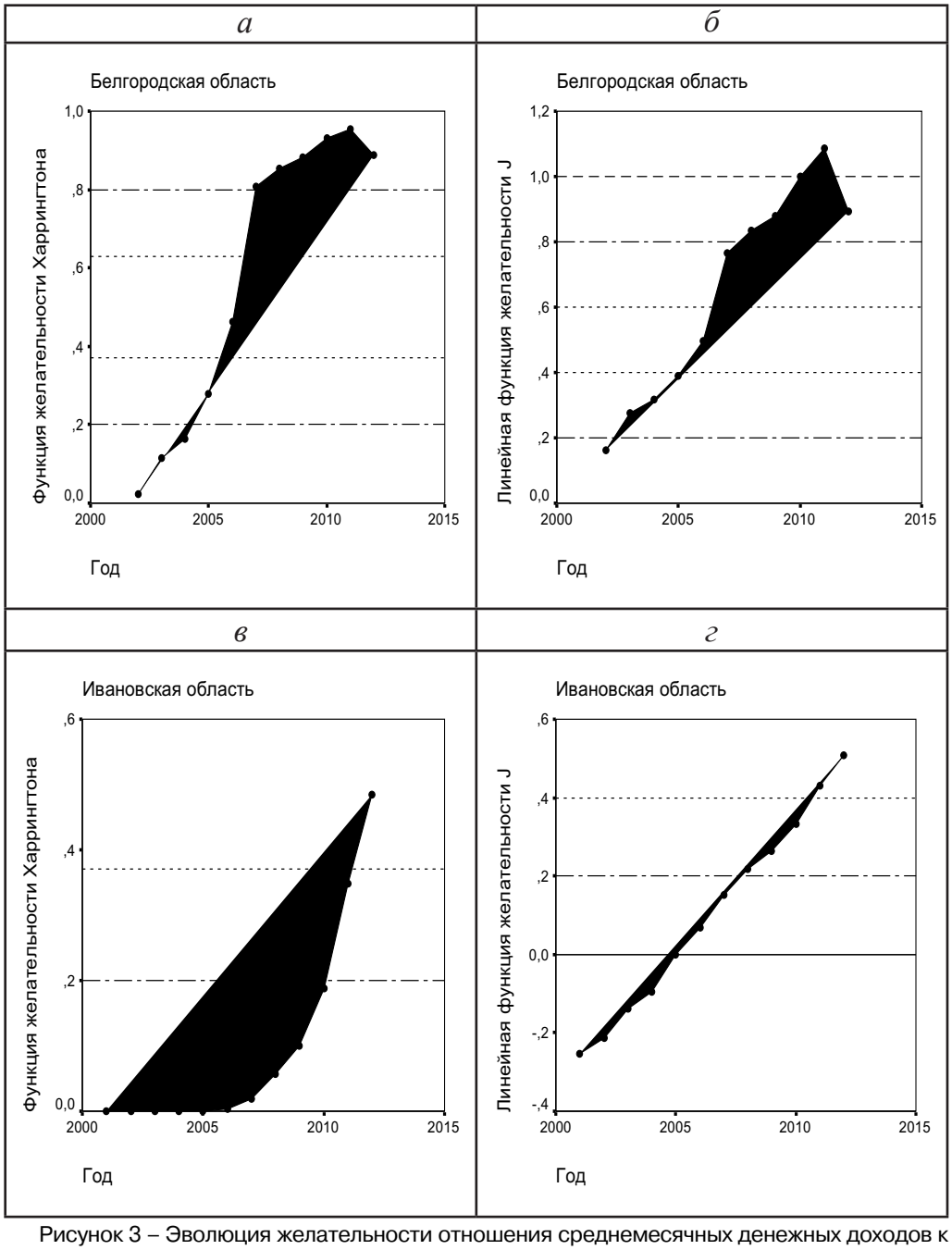


Рисунок 3 – Эволюция желательности отношения среднемесячных денежных доходов к прожиточному минимуму населения Белгородской (а, б) и Ивановской (в, г) областей в 2001-2012 гг.: а, в – функция желательности Харрингтона; б, г – линейная функция желательности

Различаются и оценки уровня доходов: так, в Белгородской области оценки индикатора оказались идентичными только для зоны «удовлетворительно» (данные 2006 года), тогда как оценки по линейной функции желательности в зонах «очень плохо» и «плохо» (данные 2002-2005 г) завышены, а в зонах «хорошо» и «очень хорошо», напротив, занижены по сравнению с функцией Харрингтона (данные 2007-2012 г).

Рассмотрим теперь пробит-преобразование исходного показателя, основанное на интегральной функции нормального распределения, которая, как и функция желательности Харрингтона, определена на открытом промежутке (0, 1) и носит S-образный характер. Как и в случае линейной функции, поделим шкалу желательности на пять равных частей (квинтильную шкалу желательности), тогда границами зон индикатора доходов будут соответствующие квинтили. Применив в редакторе пакета статистических программ SPSS Base пробит-преобразование к массиву данных 2001-2012 гг. с помощью стандартной статистической функции CDF. Normal(q=X, mean=277,9, stddev=57,1)[4] [15], получаем график взаимосвязи квинтильной функции желательности и значений индикатора доходов, представленный на рисунке 4 а. Видно, что квинтильная функция желательности имеет S-образный характер и симметрична относительно ее центра с координатами (Хср; 0,5).

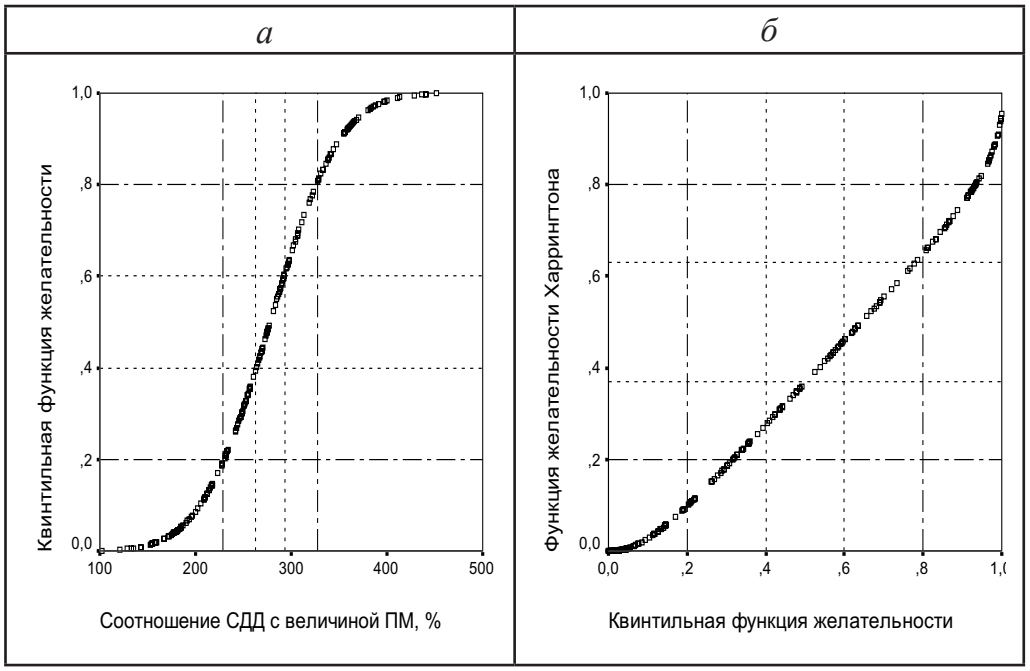


Рисунок 4 – «Квинтильная» функция желательности индикатора доходов населения регионов Центрального федерального округа к прожиточному минимуму (а) и ее сопоставление с функцией желательности Харрингтона (б)

Как и в случае линейной функции желательности, поделив квинтильную функцию на пять равных частей, получаем следующие значения границ зон желательности:

– граница зон «очень плохо» и «плохо» X=229%;

– граница зон «плохо» и «удовлетворительно» X=263%;

– граница зон «удовлетворительно» и «хорошо» X=293%;

– граница зон «хорошо» и «очень хорошо» X=327%.

На рисунке 4 б квинтильная функция желательности отношения среднемесячных денежных доходов населения регионов Цен-

трального федерального округа к прожиточному минимуму сопоставлена с функцией желательности Харрингтона. Видно, что на всем интервале определения индикатора квинтильная функция желательности дает более высокие оценки, чем функция желательности Харрингтона.

Пробит-преобразование также свободно от недостатка линейного преобразования: интегральная функция нормального распределения асимптотически приближается к 0 при уменьшении исходного показателя и к 1 при его увеличении. В этом отношении пробит-преобразование идентично преобразованию Харрингтона. Кроме того, пробит-преобразование также является нелинейным. Но есть и существенное отличие: если функция Харрингтона – двойная экспонента – однозначно задается двумя реперными точками, отражающими зону «удовлетворительно», и они назначаются исследователем экспертным путем из соображений психофизического характера, то пробит-преобразование однозначно и «жестко» задается двумя статистическими параметрами – средним выборочным значением показателя и его средним квадратическим отклонением.

Аналогия проявляется и в результатах сравнения интегральной функции нормального распределения с функцией желательности Харрингтона – рисунок 4 б: характер взаимосвязи этих функций на участке «удовлетворительно» близок к линейному. В отличие от этого, характер связи линейной функции, нормированной на закрытый интервал [0, 1], с функцией желательности принципиально не линеен, хотя, конечно, близок к линейному на участке «удовлетворительно» (рисунок 2 б).

Таким образом, пробит-преобразование исходного показателя, при зонировании на базе квинтелей нормального распределения, приводит к завышению оценок: ряд регионов, попавших в зону «плохо» по значению интегральной функции нормального распределения, по функции желательности Харрингтона оцениваются как «очень плохо»; аналогично, ряд регионов, попавших в зону «хорошо» по значению функции желательности Харрингтона, по интегральной функции нормального распределения оцениваются как «очень хорошо». К завышению оценок на начальном участке изменения исходного показателя приводит и линейная функция, нормированная на закрытый интервал [0, 1]. В то же время, линейное преобразование показывает совпадение оценок по функции желательности Харрингтона на участке «удовлетворительно».

Таким образом, из рассмотренных преобразований социально-экономических показателей в безразмерные индексы наиболее приемлемым является преобразование Харрингтона. Оно отвечает экономическому закону убывающей предельной полезности и обеспечивает оценки значений показателя, отвечающие интуитивным представлениям о характере их связи с функцией желательности.

Библиографический список

1. Дмитриев В.В. Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2009. – №4(12). – С.146-165.

2. Список стран по ИРЧП [Электронный ресурс] -URL: http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2014 (20.09.2014)

3. Кардиналистская (количественная) теория предельной полезности. Законы Госсена // Электронный ресурс. -URL: http://www.be5.biz/ekonomika/e006u/07.htm.

4. Доклад о развитии человека 2010. 20-е, юбилейное издание. Реальное богатство народов: пути к развитию человека. – М.: Изд-во «Весь мир», 2010. – 239 с.

5. Ильясов Ф.Н. Тарифная сетка, система грейдов на основе закона Вебера // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2012. – №6. – С.128-135.

6. Словарь практического психолога / Сост. С.Ю. Головин. Минск: Харвест, 1998. – 800 с.

7. Harrington E.C. The desirable function // Industrial Quality Control. – 1965. – V.21. – №10. – P.494-498.

8. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию проблемных решений. – М.: Мир, 1976. – 161 с.

9. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонтов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). – Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. – 280 с.

10. Лебедева О.В., Шуметов В.Г. К вопросу о построении компонентов индикатора качества жизни населения России на региональном уровне // Вестник НИИРПО. Серия

«Экономика и управление». М.: ИИЦ НИИРПО. – 2009. – №2(4). – С.58-77.

11. Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. – СПб.: СПбГУ, 1996. – 195 с.

12. Большой словарь по статистике / науч. ред. перевода И.И. Елисеева. 3-е издание. М.: Проспект, 2010. – 736 с.

13. Светуньков С.Г., Заграновская А.В., Светуньков И.С. Комплекснозначный анализ и моделирование неравномерности социально-экономического развития регионов России. – СПб., 2012.

14. Регионы России. Социально-экономические показатели. – М.: Росстат, 2002-2013.

15. SPSS Base 8.0 для Windows. Руководство по применению. – М.: СПСС Русь, 1998. – 397 с.

References

1. Dmitriev V.V. Opredelenie integral'nogo pokazatelja sostojanija prirodnogo ob'ekta kak slozhnoj sistemy (Determination of the integral indicator of the natural object state as a complex system), Obshhestvo. Sreda. Razvitie (Terra Humana), 2009, №4(12), p.p.146-165.

2. Spisok stran po IRChP [e-resource], -URL: http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2014 (20.09.2014)

3. Kardinalistskaja (kolichestvennaja) teorija predel'noj poleznosti. Zakony Gossena [e-resource] -URL: http://www.be5.biz/ekonomika/e006u/07.htm.

4. Doklad o razvitii cheloveka 2010. 20-e, jubilejnoe izdanie. Real'noe bogatstvo narodov: puti k razvitiju cheloveka (Human Development Report 2010. The 20th Anniversary Edition. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development), M.: Izd-vo «Ves' mir», 2010, p.239.

5. Il'jasov F.N. Tarifnaja setka, sistema grejdov na osnove zakona Vebera (Net, grading system based on Weber's law), Monitoring obshhestvennogo mnenija: jekonomicheskie i social'nye peremeny, 2012, №6, p.p..128-135.

6. Slovar' prakticheskogo psihologa (Dictionary of Practical Psychology), Sost. S.Ju. Golovin, Minsk: Harvest, 1998, 800 p.

7. Harrington E.C. The desirable function // Industrial Quality Control. – 1965. – V.21. – №10. – P.494-498.

8. Zade L.A. Ponjatie lingvisticheskoj peremennoj i ego primenenie k prinjatiju problemnyh reshenij (The concept of linguistic variable and its application to decision-making problem), M.: Mir, 1976, 161 p.

9. Vorobejchik E.L., Sadykov O.F., Farafontov M.G. Jekologicheskoe normirovanie tehnogennyh zagrjaznenij nazemnyh jekosistem (lokal'nyj uroven') (Environmental regulation of technogenic pollution of terrestrial ecosystems (local level)), Ekaterinburg: UIF Nauka, 1994, 280 p.

10. Lebedeva O.V., Shumetov V.G. K voprosu o postroenii komponentov indikatora kachestva zhizni naselenija Rossii na regional'nom urovne (To the question on construction of the components of the indicator of life quality in Russia at the regional level), Vestnik NIIRPO. Serija «Jekonomika i upravlenie», M.: IIC NIIRPO, 2009, №2(4), p.p.58-77.

11. Hovanov N.V. Analiz i sintez pokazatelej pri informacionnom deficite (Analysis and synthesis of the information indicators in short supply), SPb.: SPbGU, 1996, 195 p.

12. Bol'shoj slovar' po statistike (Large dictionary of statistics) nauch. red. perevoda I.I. Eliseeva. 3-e izdanie, M.: Prospekt, 2010, 736 p.

13. Svetun'kov S.G., Zagranovskaja A.V., Svetun'kov I.S. Kompleksnoznachnyj analiz i modelirovanie neravnomernosti social'no-jekonomicheskogo razvitija regionov Rossii (Complex analysis and modeling of uneven socio-economic development of the regions of Russia), SPb., 2012.

14. Regiony Rossii. Social'no-jekonomicheskie pokazateli (Regions of Russia. Socio-economic indicators), M.: Rosstat, 2002-2013.

15. SPSS Base 8.0 dlja Windows. Rukovodstvo po primeneniju (Application Guide), M.: SPSS Rus', 1998, 397 p.

[1] Понятие «лингвистическая переменная» введено Л.А. Заде (см., например, [8])

[2] Не теряя общности, будем в дальнейшем говорить о показателях, для которых желательность их значений нарастает по мере их увеличения

[3] В теории статистики преобразование показателей с помощью этой функции известно под пробит-преобразованием [12]

[4] CDF – Cumulative Density Function