Общественный транспорт на пути к устойчивому развитию в муниципалитетах среднего размера

Public transport towards sustainability in midsized municipalities

PAULO RIBEIRO, PAULO SANTOS

1. Вступление

Независимо от размера городских агломераций и основных сфер деятельности, общие условия доступа и мобильности, как правило, ориентированы на использование частного транспорта в ущерб другим, более экологичным и справедливым видам транспорта, таким как общественный транспорт, пешие прогулки и велосипедные поездки. Поэтому необходимо противодействовать этой тенденции, предлагая малым и средним муниципалитетам меры по содействию устойчивому передвижению людей с учётом их потребностей в мобильности. Данная работа заключается в оценке уровня устойчивости общественного транспорта в основных городских агломерациях муниципалитета с точки зрения качества обслуживания, чтобы определить приоритетные направления деятельности в этой сфере мобильности. Как правило, в муниципалитетах среднего размера общественный транспорт представлен автобусами. Большинство из 308 муниципалитетов Португалии относятся к малым или средним по размеру, особенно с точки зрения численности населения. Согласно Закону 22/2012 от 30 мая, определяющему реорганизацию территориального управления, муниципалитеты классифицируются по трём уровням в зависимости от плотности населения и численности жителей. Муниципалитеты, отнесенные ко 2-му и 3-му уровням, соответствуют требуемым параметрам для данного исследования. Ко 2-му уровню относятся муниципалитеты с плотностью населения более 100 человек на км2 и численностью населения от 25 000 до 40 000 человек, а к 3-му — муниципалитеты с плотностью населения более 100 человек на км2 и численностью населения менее 25 000 человек. Муниципалитеты среднего размера, как правило, имеют ярко выраженный сельский характер, с высокой степенью рассредоточенности территории и низкой транспортной доступностью. Эти два аспекта дополняются в целом низким уровнем развития и старением населения, что создает особые потребности в мобильности. Традиционно большинство коротких поездок совершается пешком, а дальние — на личном (автомобили) и общественном (автобусы) транспорте. транспорт. Муниципальная система общественного транспорта основана на пригородном автобусном сообщении, которое обслуживает ряд городских агломераций в пределах муниципалитета, но при этом применяются совершенно иные стандарты и требования, чем при городском сообщении, что способствует оттоку пассажиров от этого вида транспорта. Чтобы понять, какой уровень обслуживания должна обеспечивать муниципальная автобусная система для своего населения и какую роль должен играть этот вид транспорта для достижения более высокого уровня устойчивой мобильности в муниципалитетах среднего размера, мы представим методологию оценки на примере муниципалитета Марку-де-Канавезеш, расположенного на севере Португалии.

2. Аспекты устойчивости городской мобильности

Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию [1] определила устойчивость как "развитие, которое удовлетворяет нынешние потребности без ущерба для способности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности". Традиционно устойчивое развитие охватывает социальные, экологические и экономические аспекты политики, программ или проектов. Эти аспекты неразрывно связаны. Для оценки устойчивости необходимо установить

группу показателей, которые включают временную и пространственную размерности, а также тенденцию развития явления [2]. С 1995 года Организация Объединенных Наций внедрила четвертое измерение устойчивого развития, институциональную размерность, в соответствии со схемой на Рисунке 1 [3].

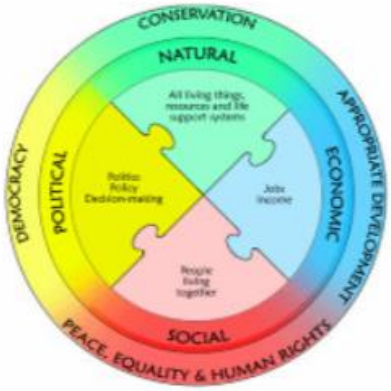

Fig. 1 - The four dimensions of sustainable development (www.unesco.org)

В некоторых областях применения и на отдельных этапах обеспечения устойчивости институциональный подход (или система управления) вызывает сомнения и крайне сложно реализуем. Что касается изучения устойчивой мобильности на местном уровне муниципалитетов, то этот аспект является основополагающим, поскольку он включает в себя часть политического процесса и процесса принятия решений, главным образом при оценке и применении устойчивых программ, планов и действий. Применимость концепции устойчивой городской мобильности сопряжена с высокой степенью сложности, учитывая множество сопутствующих факторов. Трудность выявления и описания факторов, влияющих на городскую мобильность, связана с очень быстрым развитием и расширением городских территорий [4]. По мнению Рибейро и соавторов [5], концепция устойчивого развития имеет множество интерпретаций и сфер применения, поэтому дать ей практическое и объективное определение довольно сложно. Несмотря на трудности с точным определением концепции устойчивой городской мобильности, ее применение в конкретных ситуациях позволяет лучше понять ее суть [6]. Устойчивая мобильность в городской среде должна обеспечивать баланс между использованием различных видов транспорта и всегда обеспечивать доступность для людей различных способов передвижения и услуг в городских районах. Использование общественного транспорта может быть сильно ограничено в зависимости от основных характеристик обслуживаемой территории (город, пригород или сельская местность). Одной из основных проблем при внедрении устойчивой системы общественного транспорта в сельской местности и районах с низкой плотностью населения является депопуляция и территориальная рассредоточенность, которые делают услуги общественного транспорта экономически и экологически невыгодными.

3. Выбор показателей устойчивого развития для оценки системы общественного транспорта

Принципы, лежащие в основе выбора показателей для оценки устойчивости транспортной системы, должны основываться на предположении, что процесс измерения соответствует поставленной цели [7]. В этом контексте показатели могут включать различные уровни анализа, отражающие процессы принятия решений (в зависимости от качества планирования), реакцию (характер передвижения), физические воздействия (уровень выбросов и аварийность), воздействие на людей и окружающую среду (число пострадавших, погибших и экологический ущерб), а также экономические последствия (расходы, связанные с авариями и ухудшением состояния окружающей среды). Несмотря на широкий спектр показателей, важно обеспечить их прямую

независимость (с точки зрения корреляции переменных), чтобы избежать ситуации, когда один и тот же эффект учитывается дважды. Процесс выбора показателей должен отражать справедливое распределение между четырьмя аспектами устойчивого развития, включая аспекты управления, связанные с институтами, чтобы упростить оценку конкретного процесса за счет простого и надежного сбора данных [7]. Несмотря на отсутствие единого набора показателей эффективности для оценки системы общественного транспорта, ряд авторов [8-11] представили различные перечни принципов и критериев, которыми должна обладать система с точки зрения операторов и пассажиров. Литман [7] разработал набор показателей эффективности в соответствии с категориями, связанными с различными аспектами устойчивого развития. Потенциал использования этих показателей зависит от типа анализа, актуальных для сообщества проблем или конкретных аспектов транспортной системы. Чтобы связать землепользование с городским транспортом, Кампос и Рамос [12] определили группу показателей эффективности для оценки уровня устойчивости городской мобильности. В результате был разработан ряд показателей, связанных с общественным транспортом, в частности с социальными и экологическими аспектами устойчивого развития, которые были интегрированы в методологию, предложенную в данной работе.

3.1. Предлагаемые показатели для модели оценки системы общественного транспорта

В соответствии с пространственными характеристиками и основными особенностями общественного транспорта в малых и средних муниципалитетах Португалии был выбран и предложен набор показателей для оценки уровня устойчивости этого вида транспорта, в данном случае автобусных перевозок. В таблицах 1, 2, 3 и 4 представлены списки показателей, которые будут использоваться в модели оценки с точки зрения социальных, экономических, экологических и управленческих аспектов. Также для каждого показателя приводится описание и уровень доступности данных (A — легко получить, B — приемлемо, C — сложно).

Таблица 1. Показатели общественного транспорта на примере автобусов — экономические аспекты

Table 1 - Indicators for public transport on buses – economic dimension

Economic dimension			
Domain	Indicator	Description	Data
Bus operation	Course average speed	Average speed measured within each cluster including downtime	B
	Delay per km	Delay within each cluster against the estimated time of passage at each bus stop	B
Operator costs	Energy cost per capita	Amount of fuel consumed by bus within each cluster per capita	C
	Operating costs per inhabitant	Operating costs per capita of each cluster	C
Feasibility	Average occupancy rate	Average occupancy by bus and by cluster	B
	Ticketing income	Volume ticketing revenue per capita of each cluster	A
	Reliability	Regularity and punctuality of the public transport service, as well as the total travel time including waiting time at bus stop	B
	Average fare per cluster	Sum of fares between clusters divided by distance between clusters	A
	Number of transshipments by cluster	Number of transshipment operations by cluster	A
	Number of passengers per km	Volume of passengers transported per km of each cluster	B
Accidents	Average cost per km of accidents and	Cost of repairs, damages etc.	B

Таблица 2. Показатели общественного транспорта на примере автобусов — социальные аспекты

Social dimension			
Domain	Indicator	Description	Data
Level of supply	Spatial coverage index	Quotient of the extent of the network and the geographical area of the urban area, expressed in km/km^2	A
	Number of bus stops/ km	Number of stops per km in the cluster, expressed in stops / km	A
	Day frequency	Number of passes during daytime	A
	Night frequency	Number of passes during the night	A
Quality of service	Users satisfaction	Survey within small samples reflecting the average overall satisfaction level	B
	Public service posts	Number of posts by urban area	A
	Stops adapted to people with reduced mobility	Ratio between the number of stops adapted to disable people and the total number of stops per urban area	A
Accessibility	Bus and low floor with ramp	Ratio between the number of low-floor bus ramp and the total number of operating in crowded bus	A
	Security-related crime	Survey within small samples reflecting the average level of satisfaction about the safety felled from users	B
Perception of safety	Comfort and safety of circulation	Survey within small samples reflecting the average level of satisfaction regarding comfort and safety related to road traffic	B
Road safety	Victims of road accidents	Number of road accident victims	B

Таблица 3. Показатели общественного транспорта на примере автобусов — экологические аспекты

Table 3 - Indicators for public transport on buses - environmental dimension

Environmental dimension			
Domain	Indicator	Description	Data
Pollutant emissions	Particle emissions	Level of particle emissions per km of each cluster	B
	CO emissions	Level of CO emissions per km of each cluster	B
	Noise emissions in circulation	Average level of noise emissions from bus to operate within each cluster during movement	B
	Noise emissions at bus stops	Average level of noise emissions from bus to operate within each cluster at bus stops	B
	Type of vehicles in circulation	% electric vehicles,% of gas vehicles,% of diesel vehicles	A
Landscape framework	Bus stops in green spaces	Number of bus stops per cluster per km	A

Таблица 4. Показатели общественного транспорта на примере автобусов — институциональные аспекты

Institutional dimension			
Domain	Indicator	Description	Data
Efficiency	BUS routes	Number of km of roads per km of bus line	A
Investment	Promotion and facilitation of public transport	% of taxes (traffic, parking, etc.). allocated	C
	Places for bus stops	% of bus stops at appropriate points determined by origin-destination matrices for each cluster	B
Service	Public transport shelter quality	% of bus stops without signaling; % with signaling%,% with shelter	A
	Quality transshipment points	% of bus stopping places where transshipment have adequate infrastructure	A
	Information	Quality and update of the information provided in transshipment points	A
	Modal interfaces	Number of links present in the modal transshipment point	A
	Social fares	Disadvantaged social groups that benefit from measures to support the use of public transport	B
Equity	Campaigns	Number of promotion campaigns of public transport per year	A
Promotion	Restriction of the use of individual transport	Number of measures to control the supply of individual transport within urban areas	B

Из всех предложенных показателей в практическом применении следует использовать только те, по которым имеются данные, несмотря на возможную потерю части информации. При этом необходимо сохранить минимум релевантных данных по каждому из аспектов устойчивого развития.

4. Модель для оценки устойчивости услуг автобусного транспорта в муниципалитетах среднего размера

Модель основана на многокритериальном анализе, в котором предлагаются два уровня взвешивания: один для четырех измерений устойчивости, а другой для каждого показателя, что соответствует более субъективному и объективному способу взвешивания, соответственно. Во-первых, четыре аспекта устойчивости оцениваются от 1 до 5, при этом 1 является наименее важным, а 5 - наиболее важными для достижения устойчивого развития рассматриваемой городской территории. Это взвешивание должно быть произведено на основе запросов к определенной группе заинтересованных сторон, таких как политики, местные технические специалисты и эксперты по услугам общественного транспорта, с целью получения и интеграции различных мнений и предположений об относительной важности аспектов устойчивого развития. Во-вторых, каждый индикатор взвешивается по номинальной шкале (-1), (0) и (1). Положительные значения отражают соответствие естественной тенденции показателя заранее установленной цели. Для отрицательных значений справедливо обратное. Нулевое значение означает, что показатель не является отличительным и имеет значение, близкое к среднему по исследуемым городским районам. Согласно Литману [7], количество показателей, включенных в исследование мобильности, должно обеспечивать адекватную оценку с учетом размера выборки, достоверности и валидности данных, собранных по каждому показателю. В таблице 5 представлен пример оценки социального аспекта для четырех городских районов (A, B, C и D), где использовались три показателя S1, S2 и S3 с весовыми коэффициентами 2, 4 и 1 соответственно.

Table 2 - Example application of the model

Urban Area	Dimension		Social	Weight		1	Result
	Weight	2	Weight	4	Weight	1	
	S1Indicator		S2 Indicator		S3 Indicator		
A	100	0	240	1	6.25	0	4
B	75	-1	180	0	9	1	-1
C	25	-1	90	-1	7	1	-5
D	200	1	210	1	2.75	-1	5
Mean	100		180		6.25		

Этот тип анализа позволяет варьировать весовые коэффициенты как в отношении аспектов устойчивого развития, так и в отношении показателей в зависимости от восприятия, чувствительности и целей заинтересованных сторон. Этот процесс повторяется для всех аспектов. На основе такого анализа можно определить области, на которые следует направить инвестиции или меры по улучшению ситуации, что поможет политическому классу и послужит ориентиром в процессе принятия решений. Уровень субъективности можно снизить или даже устранить, если представить показатели в виде функций, например, нечетких функций, в которых фактор влияния варьируется в зависимости от поведения переменной, как это видно на примере многокритериального анализа, предложенного в многоаспектной модели оценки качества жизни в университетском кампусе [13], и многокритериальных моделей на основе ГИС для оценки территориальной доступности [14].

5. Применение модели для оценки устойчивости автобусного сообщения

Описанная модель была применена для оценки уровня устойчивости системы общественного транспорта муниципалитета Марко-де-Канавезеш. В этом муниципалитете среднего размера есть три основных городских района: города Марко-де-Канавезеш, Вила-Боа-ду-Бишпу и Алпендорада-

Матуш. Основной общественный транспорт в муниципалитете — автобусы, принадлежащие только одному частному оператору — компании Joalto, центр управления которой расположен в центре города Марко-де-Канавезеш. Для трех городских районов были оценены все показатели, представленные в таблицах 1–4, по каждому из аспектов устойчивости. Следует отметить, что при окончательной оценке уровня устойчивости общественного транспорта учитывались не все показатели из-за отсутствия данных по некоторым из них. В таблице 6 приведен пример решения этой задачи для показателя «охват автобусным сообщением», который был отнесен к социальным показателям.

Table 3 – Spatial rate coverage (radius of 250m)

Urban area	Area (km2)	Coverage area (km2)	Rate (%)	Score
Marco de Canaveses	3,3697	1,0709	31,78	-1
Vila Boa do Bispo	1,4161	0,7711	54,45	+1
Alpendorada e Matos	1,5885	0,8198	51,61	+1
Average			45,94	

Модель оценки была применена с учетом мнения двух типов заинтересованных сторон: местных технических специалистов и политиков, которых пригласили присвоить весовые коэффициенты всем показателям и четырем аспектам устойчивого развития. На самом деле можно было бы привлечь и других заинтересованных лиц, например, экспертов по общественному транспорту, пассажиров, операторов и т. д. Однако целью этой работы было сравнение двух групп заинтересованных сторон, непосредственно вовлеченных в процесс принятия решений, поэтому мы и обратились к ним. Тем не менее это один из аспектов, который можно будет изучить при дальнейшем применении этой модели. Поскольку количество показателей для каждого аспекта разное, был определен средний балл с учетом общего количества показателей по каждому аспекту, что обеспечило равное представительство всех аспектов в итоговом показателе. С другой стороны, присвоение разных весовых коэффициентов аспектам устойчивого развития не соответствует концепции устойчивого развития, особенно с точки зрения равноправия между аспектами. Это также может привести к тому, что мультипликативный вес будет слишком высоким, что приведет к значительным отклонениям в общих показателях. По этой причине было решено устранить эту вариативность, присвоив каждому параметру вес, равный 1. Результаты этой процедуры представлены в таблице 7.

Таблица 7. Применение модели в городских районах муниципалитета Марко-де-Канавесес

Dimension	Indicator	Technicians				Politicians			
		Average of evaluation	Marco	V.B. Bispo	Alpendorada	Evaluation	Marco	V.B. Bispo	Alpendorada
Social	Spatial coverage rate	4,5	-1	+1	+1	5	-1	+1	+1
	Bus stops per km	3	-1	1	0	3	-1	1	0
	Daytime frequency	4,5	+1	+1	-1	5	+1	+1	-1
	Users satisfaction	4,5	-1	0	0	4	-1	0	0
	Public service posts	3	0	-1	-1	4	0	-1	-1
	Social score		-1,5	0,8	-0,6		-1,4	1,8	-0,8
Environmental	Particle emissions	5	-1	0	1	5	-1	0	1
	CO emissions	5	-1	0	1	5	-1	0	1
	Bus stops in green spaces	4	-1	1	0	4	-1	1	0
	Environmental score		-4,7	1,3	3,3		-4,7	1,3	3,3
Economic	Course average speed	4	-1	0	1	4	-1	0	1
	Energy cost per inhabitant	4,5	-1	0	1	5	-1	0	1
	Reliability	5	1	-1	0	4	1	-1	0
	Average fare per cluster	4,5	1	-1	-1	4	1	-1	-1
	Economic score		0,3	-2,3	1		-0,2	-2	1,2
Institutional	Public transport shelter quality	3	1	1	-1	5	1	1	-1
	Quality transshipment points	3	1	-1	-1	5	1	-1	-1
	Institutional score		3	0	-3		5	0	-5
Weighted final score			-2,9	0,8	0,7		-1,3	1,1	-1,2
Weighted final score without institutional dimension			-5,9	0,8	3,7		-6,3	1,1	3,8

Из полученных результатов можно сделать вывод, что Марко заслуживает звания наименее устойчивого городского района с точки зрения общественного транспорта. Независимо от того, учитывается институциональный аспект или нет, относительный рейтинг остается неизменным как при оценке, проводимой политиками, так и при оценке, проводимой техническими специалистами. Однако рейтинг, полученный с учетом институционального аспекта, является полной противоположностью рейтингу, полученному с учетом всех аспектов одновременно.

6. Выводы

В данной работе основное внимание уделяется интеграции всех аспектов устойчивого развития при оценке услуг и инфраструктуры, связанных с одним из направлений обеспечения городской мобильности, а именно с автобусным сообщением. При оценке устойчивости необходимо всегда учитывать институциональный аспект, связанный с ролью муниципалитетов в функционировании и

регулировании всех секторов транспортной системы. В данной работе рассматривались только те заинтересованные стороны, которые имеют возможность напрямую влиять на процесс принятия решений на местном уровне, такие как технический персонал и политики. На примере конкретного случая было показано, что модель позволяет определить уровень устойчивости автобусного сообщения в различных городских районах муниципалитета, а также выявить аспект, который в наибольшей степени повлиял на итоговый результат. Это помогло определить цели и приоритетные направления развития системы общественного транспорта в муниципалитете Марко-де-Канавесес. В будущих исследованиях можно было бы использовать другие показатели, а также интегрировать в многокритериальный анализ нечеткие функции, чтобы снизить субъективность и обеспечить непрерывную дифференциацию между различными городскими районами в соответствии с относительной значимостью показателей, а не использовать шкалу с делениями на (-1), (0) и (+1). При определении весовых коэффициентов различных показателей и аспектов устойчивого развития следует также учитывать мнение других заинтересованных сторон, таких как эксперты по различным видам транспорта, пользователи, жители, предприниматели и т. д. Однако привлечение к этому процессу заинтересованных сторон уже можно считать шагом вперед на пути к достижению устойчивого развития в городских районах.

References:

[1] WCED (World Commission on Environment and Development), Our Common Future (Brundtland report), Oxford University Press, 1987.

[2] D'Ieteren, E., Morelle, S., Hecq, W., Approach of the Sustainability Concept. Version 1.1. Internal tecnhical note. ARTISTS Project, 2002.

[3] Spangenberg, H. J., Environmental space and the prism of sustainability: frameworks for indicators measuring sustainable development. Ecological Indicators. Volume 2, Issue 3, pp. 295–309, 2002.

[4] APA - Agência Portuguesa do Ambiente, Good Practices Handbook for Sustainable Mobility (in Portuguese), Vol. II., APA, ISBN 978-972-8577-51-3, 2010.

[5] Ribeiro, P.; Mendes, J. F. G.; Fontes, A. The importance of a public transport infrastructure in small urban areas to in promoting sustainable mobility. (In Portuguese), Congresso Pluris, 2010.

[6] Ribeiro, P., Mendes, J.F.G., Fontes, A. Sustainable mobility in small urban areas. (In Portuguese), Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia. Volume 5 (2), p. 149-158. ISBN: 978-85-85205-84-3, 2008.

[7] Litman, T. Well Measured: Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute, 2008.

[8] Vuchic, V.R. Urban Public Transportation: Systems and Technology, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1981.
[9] Yamashita, Y., Magalhães, M. T. Q., Teixeira, G. L.. Indicators of spatial coverage for the diagnosis of appropriation of Brazilian road structures. (In Portuguese) Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, II, pp. 880 - 891. ANPET. Florianópolis. 2004.
[10] Transportation Research Board - Transit Cooperative Research Program. Highway Capacity Manual. Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd Ed. TCRP Report 100, Washington D.C.,2003.
[11] Costa, A.H.P. Public Transport. Manual of planning of accessibilities and road management (in Portuguese), Vol. 13. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte – CCDRN, Porto, 2008.
[12] Campos, V.B.G.; Ramos, R.A.R. Proposed indicators of sustainable urban mobility linking transportation and land use (In Portuguese), Congresso Pluris, 2005.
[13] Rodrigues, D.S., Ramos, R.A.R., Mendes, J.F.G. Multi-dimensional evaluation model of Quality of Life in Campus. WSEAS Transactions on Information Science and Applications. ISSN: 1790-0832, 2009.
[14] Mendes, J.F.G; Rodrigues, D.S.; Ramos, R.A.R. A GIS-based multicriteria model for the evaluation of territorial accessibility. Sustainable Development and Planning II, Vol. 2. pp. 795, WIT Transactions on Ecology and the Environment. WIT Press. ISSN 1743-3541, 2005