

公路长途旅行最佳化中转接续规划方法研究

杨淮清, 李 佳

(沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110870)

摘 要:公路旅行最佳化承受多种因素制约,它同铁路、民航、水运一起构成本领域现代化的主要标志,因此深入研究并切实解决各类难题意义重大。在揭示妨碍公路长途旅行中转接续最佳化关键难题基础上,结合自顶向下逐步求精分层递阶体系结构的优势论证,给出了建立于区域穿越、路线、路段与班次、中转接续三大主体规划模块之上的实验系统框架结构。阐述了此间面临的公交班次地理变迁时序逻辑,以及班次途径约束下的道路汇合点、汇合点连接关系模型抽取。

关键词:公交换乘规划;分层递阶规划;公交换乘冲突消除;班次时序表示;旅行方案咨询

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)01-0189-04

Research on a Planning Method of Optimum Exchange Bus for Long-Distance Road Travel

YANG Huai-qing, LI Jia

(School of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: Optimum road travel withstands a variety of factors constrained. It is with the railways, civil aviation, water transport together constitute a major symbol of modernization in this field. Therefore, deeply exploring and solving the various problems are of great significance. According to the key problems of optimum exchange bus for long-distance road travel, the advantages of top-down, incremental refinement and hierarchical frame system, discusses experimental system framework established on three main planning modules that includes arrived regions, passed routes and road sections, bus and exchange bus. At the same time, describes briefly bus temporal logic at different locations, model extraction of road across and the connection of road across under the bus constraint on the way.

Key words: exchange bus planning; hierarchical planning; avoiding exchange bus confliction; bus temporal representation; travel scheme consultation

0 引言

伴随着社会的发展与工作节奏的加快,人们对于出门旅行的时效性、舒适性、安全性与个性化要求日益增强。铁路、公路、民航、水运即构成了出行途径主要组成部分,然而公路交通(尤其是跨地域长途)却扮演着连接其它的纽带角色。每种出行方式尽管各具特色,但公路旅行的“门到门”与灵活多样等固有其本性则决定了其独占鳌头^[1]。

不同于自主驱车或步行,搭乘公共交通工具旅行最显著特点便是至多能够选择关键经由地及班次,而无法依据出行者个人愿望肆意地改变实际路线和抵达时刻。欲使公路长途旅行达到最佳化,那么就必须要认真地解决好地域广阔性、局部道路不时变更、个别区域路网知之甚少、行车时间难以做到绝对准确和各个班

次并发进行,以及季节、天气对行车形成的临时影响等问题,如果将这些众多因素全面地予以考虑,在统筹时间、里程、费用、舒适与安全等多种评价准则之下,迅速地给出满足不同个性化需求的最佳出行方案将变得困难重重。正因为如此,多年来该领域一直没有出现令人满意的实用化技术和产品,充其量只能算作电子时刻表或班次衔接匹配^[2]。即使个别者稍有突破,也不过仅仅停留在单一时间或里程考评下的一次换乘水准。

文中涉及的探索性工作不但具有明显的社会、经济与国防价值,同时还能够丰富人工智能及周边学科研究成份,并推动它们尽快地向前发展。

1 制约公路长途旅行中转接续最佳化的关键难题剖析

公路长途旅行面临着极度广阔的地理空间、种类繁多的道路等级与异常错综复杂的公路网络,怎样在尽可能短的时间内寻找到满足不同评价标准的最佳中

收稿日期:2010-05-24;修回日期:2010-08-13

基金项目:辽宁省教育科研计划资助课题(2008500)

作者简介:杨淮清(1956-),男,陕西延安人,副教授,硕士研究生导师,研究方向为人工智能、智能机器人学。

转接续方案就摆在广大科技工作者面前。虽然这些年人工智能为此提供了许多搜索算法^[3],不过要让他们发挥应有成效却必须逐一攻克所有棘手难题。首先,无论借助何类交通工具,旅行路线规划全部带有缺乏局部评价方案性质。也就是说,全局最优并不一定等同于局部最优的叠加。针对本问题有人提出了自顶向下逐步求精思想^[4],但如何确保上层搜索对下层准确指导、把握,则随应用背景差异变化多端难于付诸实现。其次,改善搜索效率最有效途径便是启发信息利用与剪枝,不过跨越地理时常过于遥远和评价准则多样性却令该目标实现起来艰难无比。最后,怎样深入挖掘人类独到特性把其最为灵巧的思维、复杂难题求解诀窍引入其间即成为必须严肃对待事情。区别于其它动物的显著标志就是人具有创造性解决面临新问题、借鉴以往经验教训、处理难题中的定性、定量恰当运用与快速适应环境变迁的优势,如何利用这些来妥当地保证搜索迅捷性,同时不过分损伤最佳化原则就变得至关重要。

公路旅行经常存在评价追寻目标相差巨大的客观现实,这就直接导致了全面满足不同个性化需求难上加难。比如在里程、时间与费用评价要素之间就既存在密切关联的一面,但又绝非彼此肯定属于线性相关性质。行车时间一则受制于里程约束,同时也不可能完全逃避路况、气候、天气、道路畅通性和车辆性能等方面产生的制衡;类似地,费用同样决定于里程、路线、车辆档次、更换地点和服务质量等众多因素。除这些之外,当出行者有区别地注重不同评价准则时,怎样恰当地将不同量纲成份予以有机综合即非采用变换系数那样简单。

在公路客运行业,不同班次之间具有非常明显的多自主体与并发特性,它们通常兼具规律性与非确定双重色彩^[5]。其一,对于正规化经营者而言,班次、发车时间、行车路线和停靠时间等一般是相对固定的;其二,由于搭乘人员多寡、临时上下车地点、时长、路况现状、路网变化、交通拥挤程度与随机性事件处置延误等则无法事先给予准确测估,因此极可能造成错过末班车。假如本现象发生在城镇,由此带来问题无非多花钱财与时日,可要是出现于荒郊野外,问题严重性即刻骤然升级。

2 分层递阶规划是构成系统走向实用化之根本

公路旅行可采纳方案极端繁多,几乎能够达到天文数量,其实对于通常面临问题根本没必要考察所有细微枝节,只要满足某种可接受,并随对路网、交通了解不断加深给出咨询结果日益完美便足矣。尽管公路

旅行中转接续规划研究涉及大量制约因素,不过却能够依据地理行政区划、路网等级、中转枢纽与班次路线等区分成不同级别对待。经多少人反复实践、验证:分层递阶是有效解决高度复杂问题的上等良策。其实,出门旅行绝非必定局限于公路交通,铁路、民航、水运与徒步等全都构成了公路旅行的补充和替代。就它们复合在一起形成的完整系统而言,在一定程度上便可以看作分层递阶结构。

分层递阶不外乎两种具体实施方略——自顶向下和自底向上^[6]。前者集中地反映出抓主要矛盾思想,它不为局部细节所缠绕,也不会斤斤计较个别对总体方案制定贡献不明显,而忽视关键因素考量,并深陷价值不大搜索对象细加权衡,致使延误规划结论快捷给出。事实上,在路径规划技术领域内,完全地最佳化是不存在的。第一,绝对最佳规划差不多必须施行枚举式搜索,然而对该问题而言明显不切实际;第二,多评价准则无法做到各项圆满兼顾;第三,如若引用启发信息则难以保障完备性不受损害。此外,自顶向下还蕴涵三大优势,那就是便于构成系统灵巧地适应规划条件全面详知与局部路网知道不多、路网、交通状况不确定变迁和定性、定量技术运用自如。相比之下,自底向上就显得平淡无奇,缺乏太多令人向往之处。

在公路旅行中转接续规划当中,或许建立于自顶向下逐步求精的分层递阶思想还是该类最终应用系统真正走向实用化的必由之路。采用此指导原则,既便于将富有成效的知识利用、类比推理、类比学习、定性推理与参照等方便地引进来,同时尚提供了将橡皮筋拉紧和 A * 算法运用于求解不同确知问题的可能性^[7]。当公路旅行在不同省份、直辖市之间进行时,优先确定经由哪些省市即表现得特别值得重视。一则,这么做可以给下层规划明确指出努力方向,避免毫无意义地漫无目标试探;二则,借此能够最大限度地剪除价值不大分枝、增强求解效率;再则,它不仅有利于下层模块接受宏观指导,亦非桎梏各自独到特性全面展现,以及主观能动性充分发挥。其它中间层功效以此类推,因篇幅所限无需赘述。

3 面向中转接续的分层递阶规划系统实际构造

面向中转接续的分层递阶规划将建立于地理分布、道路网络、交通营运班次、路线与气候、天气等模型之上,它不但应当面向各种具体的出行任务,而且必须顾及收费标准、消费层次、个性化追求目标和基本保障之类要素。依照目前本领域实际现状^[8],该项研究将其拆分成三大主体模块——区域穿越规划、路线与路段规划、班次与中转接续规划。在每一主体模块当中,

根据面对问题性质差别再进一步采用不同的分层递阶策略予以处置。然而,不管主体模块还是各大模块内部细分层次,它们共同地承袭了一个基本原则,那就是自顶向下逐步求精和定性份量渐弱、定量色彩逐步浓烈化。

3.1 区域穿越规划

该层规划按任务、目标、依赖模型差异,能够区分为基于行政隶属关系树的穿越区域规划、基于地理连通与邻接网络的区域插补和优化,及其基于道路连接模型的边界衔接点确定。在区域穿越规划期间,主要遵从行政隶属限定,从出发地和目的地同时出发由底层逐级地朝关系树根部递推,于是就获得了旅行主体架构。在此,规划评价准则完全依照行政隶属划分进行^[9],非但没有考虑区域面积与地理形态规整度,也未顾及道路分布密度和公交班次完善性,所得结论带有十分强烈的定性特征。至此,所得结果并不能保证空间连通性,例如新疆同辽宁尽管同属省级行政单位,但二者却相距甚远并被多个同级者隔开。为了解除该问题尚须借助地理连通与邻接网络上面的区域插补。在这里,系统应该担负两项使命——中间区域插补与区域衔接关系优化。其实,地理连通模型本已足够辅佐此模块完成任务,但出自引入方向指引启发信息,特增建了区域邻接关系模型。边界衔接点确定意在给后续模块增加更具体指导,它运行于区域边界衔接和先前规划数据积累模型之上,能够应对模型信息获取的详细程度从确知到几近完全不知之间各类状况。若模型非常完备,则产生结果极富真正实施;反之,却权且用做参照性启发。

区域穿越规划依照地理行政区划关系,从上到下逐级递阶地进行。由于长途旅行通常不会穿行于乡间小道一类过分简陋路段,因此本层规划到达县级即告结束。

3.2 路线、路段规划

公路旅行方案多样性与诸多因素妨碍最佳化评价指标全局兑现^[10],于是远难以直接依靠区域穿越规划结论确定旅行换乘班次,不得不在两者之间增加路线、路段规划主体模块。当然,该模块还存在另外一种不可忽视作用,那就是减轻公路旅行中转接续班次规划的搜索范围与困难程度,促使构成系统进一步实用化和问题求解的快速性。在本模块具体实现过程中,支持其得以顺利进行的基础是各个公交班次类别所涉及的途经路网模型。换句话说,就是根据不同公交班次等级覆盖面差别,在整个路网模型当中暂时地滤除不相干部分,而保留下重点考虑的道路汇合点和汇合点连接关系。其实,公路旅行路线规划便是途经道路汇合点规划;公路旅行路段规划则是道路汇合点连接

关系规划。前者将协助下层模块决定选择哪些公交班次,后者给公交班次转换提供参照依据。

设公交班次集合为 F , 道路汇合点集为 A , 汇合点连接关系(路段)集为 L ; 同时,存在 m 类公交等级, 每级内有 n 个班次; 道路汇合点按地域划分成 $k \times r$ 矩阵。则道路汇合点、班次可表示为公式(1)。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1r} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2r} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{k1} & a_{k2} & a_{k3} & \cdots & a_{kr} \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} & \cdots & f_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{m1} & f_{m2} & f_{m3} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

也可简化为: $A = [A_1, A_2, A_3, \cdots, A_k]^T$, $F = [F_1, F_2, F_3, \cdots, F_m]^T$ 。其中, $A_i = [a_{i1}, a_{i2}, \cdots, a_{ir}]$, 即具体每个地域的汇合点; $F_j = [f_{j1}, f_{j2}, \cdots, f_{jn}]$, 即具体每个公交等级的班次。汇合点连接关系(路段)可表示为公式(2)。

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} & \cdots & l_{1q} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} & \cdots & l_{2q} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ l_{p1} & l_{p2} & l_{p3} & \cdots & l_{pq} \end{bmatrix} \quad (2)$$

l_{ij} 又可进一步表达成一个行矩阵, 即 $l_{ij} = [a_{uy}, a_{ux}, S, T, C, I, \cdots]$, 表明 a_{uy}, a_{ux} 路口连接段上的各种旅行制约参数。其中, a_{uy}, a_{ux} 分别为路口汇合点, S, T, C, I 分别为当前路段的里程、行车时间、费用与路况信息。

此外, $A_{ij} = \cup A \mid f_{ij}$ 表示 f_{ij} 班次所经路口集合; $A_{ij} = A_{ki} \cap A_{jm}$ 则代表 f_{ki} 与 f_{jm} 两班次共同经由路口, 即班次衔接区域范围。其实, 换乘规划正是在班次路口交汇模型之上进行的。

3.3 班次与中转接续规划

经过上面几个主体模块规划之后, 尽管公路旅行方案已经相对明朗化, 但仍然无法给出最终施行细节描述。在这里, 至少应当解决公交班次确定、中转接续安排、班次换乘合理性检验、换乘冲突消除、最佳化换乘地点确定与换乘风险评定。实现这些目标的基本前提是各公交班次类别所涉及途径路网模型, 以及建立在它们上面的道路汇合点时序逻辑表示^[11]。当公交班次 K 在道路汇合点 P 的最早到达时间是 T_s , 最晚到达时间是 T_l , 若忽略车辆经过道路汇合点所需时间, 关于公交班次在各途径路口的时序时段逻辑能够采用

一阶谓词表示成 $\text{Time}(K, P, T_s, T_l)$ 。类似地, 公交班次在中途站点的时序时段逻辑可以表示为 $\text{Time}(K, P, T_s, T_l, T_d)$ 。其中 T_d 代表车辆进站后的停留时长^[12]。

略微区别于上面两层模块, 虽本级模块内仍旧能够划分成不同细分层次, 但它们之间不可完全依序顺次进行, 而必须多次往复递归, 经搜索、检验与矛盾、冲突消除, 方可获取最后旅行咨询结论。在该级模块中, 表面看好像问题极其错综复杂, 可深入探究本质时却不难发现: 公交班次与中转接续地点才是关键。因为前项决定着换乘次数和评价准则主要成份保障, 后项关系到咨询结论实用化程度。

公路旅行面临两种中转接续模式, 即单点换乘和区段换乘。由于二者比较起来, 区段换乘更加富有空间选择随意性与接续冲突、矛盾消解策略多样性, 所以应当优先给予采纳。事实上, 换乘地点选定既取决于公交班次交汇密度、接续时间裕量、食宿方便、错过末班车风险和应对时变、不确定性及突发事件等的有效对策搜寻的容易性, 同时, 又应当为因临时变故造成原有方案无法实施而选取次优替代留有余地。荒野区域绝非属于换乘禁地, 只是在公交班次稀少、近邻夜间与行车规律性波动异常严重时, 尤其应该谨慎。

班次换乘合理性与换乘冲突不存在绝对标准, 其核心便决定于中转换乘时序如何认定, 8:00 发车 8:30 到站可视为换乘接续不合理和冲突, 但若认为来日再搭乘又似乎不属于问题。为消除此类二义性与认识不准确, 有必要设立普遍认同的换乘合理、矛盾、冲突相对化标准。本标准不可一成不变, 应当根据出行急迫性、换乘地服务设施完善性、公交运营状态、班次密度、消费接受档次和旅行者身体健康状况等综合兼顾、妥当调整。另外, 也不排除反复试探或逐渐寻优。

4 结束语

如何圆满协助每个人实现最佳化搭乘长途公交车旅行, 不但富有非常明显的经济、资源有效利用、环保与推动社会快速发展价值, 同时也将极大地扩充人工智能科学研究内涵, 并促使其尽快走向完善。本文涉及研究就是针对公路交通领域面临难题开展的一项实

质性探索, 它在知识利用、特征与广义拓扑路网建模和公路交通建模(这些内容另外辟文论述)等基础之上, 采用分级递阶思想借助区域穿越规划、路线、路段规划与班次、中转接续规划三大主体模块予以兑现。由当前实验结果看, 该项工作成效已初步显现, 并映射出巨大的生命力和实用化意义。当然, 也不排除可能仍隐含某些局限与不足, 特诚请同行给予批评、指正。

参考文献:

- [1] 杨新苗, 王 炜, 马文腾. 基于 GIS 的公交乘客出行路径选择模型[J]. 东南大学学报, 2000, 30(6): 87-91.
- [2] 侯 刚, 周宽久. 基于换乘次数最少的公交网络最优路径模型研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 44-47.
- [3] WANG Hong-jian, XIONG Wei. Research on global path planning based on ant colony optimization for AUV[J]. Journal of Marine Science and Application, 2009, 16(8): 58-64.
- [4] 陈则王, 袁 信. 基于分层分解的一种实时车辆路径规划算法[J]. 南京航空航天大学学报, 2003, 35(2): 193-197.
- [5] 朱 达, 佟 琼. 基于旅客出行选择的旅行时间价值研究[J]. 北京交通大学学报, 2007, 12(10): 42-85.
- [6] 付梦印, 李 杰. 基于分层道路网络的新型路径规划算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(4): 719-722.
- [7] Frontzek T, Goerke N, Eckmiller R. A Hybrid Path Planning System Combining the A* -Method and RBF-Networks[J]. URISA Journal, 2002, 25(8): 78-85.
- [8] 金炳尧. 一个用于多目标优化的进化规划算法[J]. 微机发展(现更名: 计算机技术与发展), 2001, 11(5): 25-28.
- [9] 杨淮清, 薛明昊, 余冠华. 一种面向中转换乘的铁路网建模方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 211-214.
- [10] Pang G K H, Takabashi K, Yokota T. Adaptive route selection for dynamic route guidance system based on fuzzy neural approaches[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1999, 48(6): 2028-2041.
- [11] 冯 林, 姜 浩. 基于时间约束 Petri 网的工作流可调度性分析[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(11): 34-37.
- [12] 林 闯, 刘 婷, 曲 扬. 一种不确定时段的扩展时段时序逻辑: 时间 Petri 网表示和线性推理[J]. 计算机学报, 2001, 24(12): 1299-1309.
- [12] 杨青云, 赵培英, 杨冬青, 等. 数据质量评估方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2004(9): 3-15.
- [13] Scannapieco M, Catarci T. Data Quality under the Computer Science Perspective[J]. Archivi & Computer, 2002(2): 1-15.
- [14] Crosby P B. Quality is Free: The Art of Making Quality Certain[M]. New York: McGraw-Hill, 1988: 33-36.
- [15] 齐艳珂, 李晓举, 周 青. 数据质量的研究[J]. 中小企业科技, 2007(7): 10-11.

(上接第 188 页)

of the 10th Australasian Conference on Information Systems, [s.l.]: [s.n.], 1999: 58-64.

[9] Pipino L, Y Lee, Wang R Y. Data Quality Assessment[J]. Communications of the ACM, 2002(5): 14-22.

[10] 韩京宇, 徐立臻, 董逸生. 数据质量研究综述[J]. 计算机科学, 2008, 35(2): 1-12.

[11] 丁海龙, 徐宏炳. 数据质量分析及应用[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(3): 236-238.