

ユーザー適応型旅行計画システムの課題（邦訳）

倉田 陽平

SFB/TR 8 Spatial Cognition, Universität Bremen

Postfach 280334 Bremen, Germany

ykurata@informatik.uni-bremen.de

要旨. ユーザー適応型旅行計画システムは、個別ユーザーごとにカスタマイズされた旅行プランを作成する旅行情報システムである。既にいくつかシステムが提案されてきたが、嗜好や個人情報の登録がもどかしい、あるいは計画立案に参加しているという感が乏しい、といったユーザビリティの問題を抱えている。この論文では、これらの問題を振り返り、より実践的なユーザー適応型旅行計画システムを築く上での課題を述べる。それらの課題とは、協調的旅行計画、嗜好のスマートな検出法、より現実的な旅程最適化問題、そしてモバイル志向のサービスである。

キーワード: 旅行計画, ユーザー嗜好, 選択的巡回セールスマン問題, 候補/批判モデル, 移動軌跡を元にした嗜好検出

1. はじめに

旅行は、個々の旅行者の嗜好に大きく依存した空間活動である。当然、旅行情報システムは個別ユーザーに適応した情報を適応することが望まれる。とりわけターゲットが他種類の観光資源が集積し、旅行者が事前知識の乏しい中でどの観光資源に訪れるか決めなければならない観光都市においてはなおさらである。実際、今までにいくつかのユーザー適応型旅行情報システムが提案されてきた。たとえば、いくつかのシステムでは、ユーザーの嗜好に基づいて観光資源が順位づけされたり絞り込まれたりする（たとえば[1-3]）。

2 倉田 陽平

とはいえ，たとえユーザが自分にとって興味深い観光資源についての情報を得たところで，いかにそれらの観光資源を効率よくまわる旅行計画をたてるか，という難しい課題は残ったままである．したがって，我々のものも含め，いくつかのシステムでは，個別のユーザーにあわせて旅行計画を立案する機能が盛り込まれている．しかしながら，ユーザビリティテストによれば，我々のシステムは，嗜好の登録がもどかしい，計画立案に参加しているという感が乏しい，といった問題を抱えており，このような問題は他のシステムも未解決のままである．この論文では，このような問題を振り返り，より実践的なユーザー適応型旅行計画システムを築く上での課題を述べる．

この論文の構成は以下のようになっている．2節では既存のユーザー適応型旅行計画システムについてレビューを行う．3節ではこれらのシステムにおける問題と課題を述べる．最後に4節では結論を述べる．

2. 旅行計画システム

ほとんどの旅行計画システムは，似たような三段階構造を有している．まず嗜好を設定し，観光資源の評価を行い，そしてルートを最適化するというものである．一次例として，我々のシステム[4,5]の画面写真を図1a-eに示す．このシステムでは，ユーザーは自信の旅行の興味をアンケート方式で答え（図1b），それをもとにユーザーの嗜好が判定される．続いて各観光資源を訪れた際の期待効用が計算される．最後に，期待効用の和を最大化するような旅行計画が算出され表示される（図1c-d）．また，各観光資源についての情報を表示することもできる（図1e）．

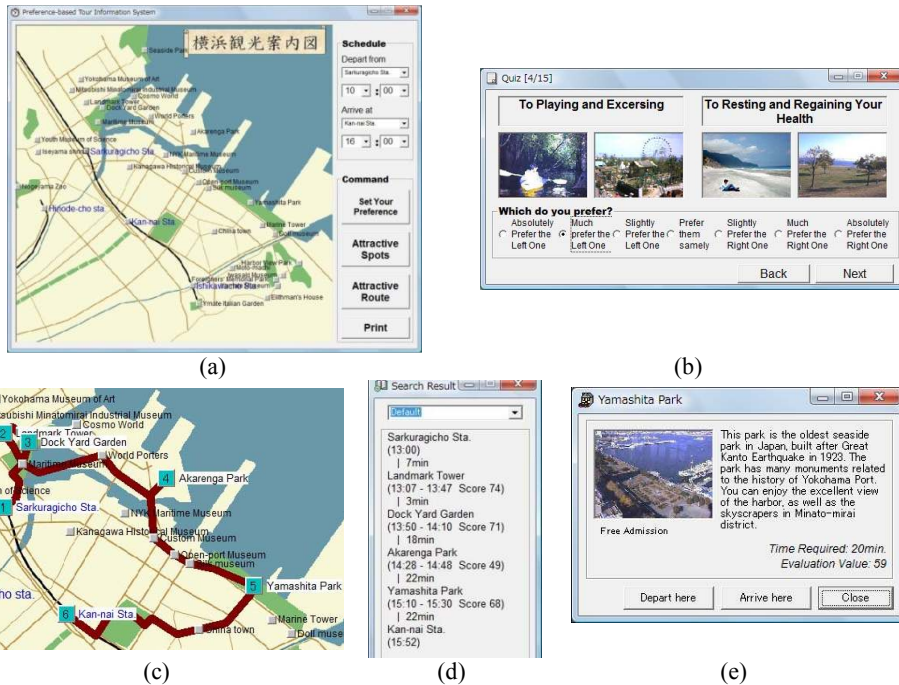


図1. 我々の旅行計画システム[4, 5]の画面写真. (a)メイン画面. (b)2つの旅行目的に対するユーザーの好みを問う質問. (c-d)地図上, およびテキストによって表示された旅行計画. (e)観光資源についての情報表示.

ユーザー嗜好の設定は問題の多いプロセスである. 古典的な意志決定システムでは, ユーザーは自身の嗜好を入力するのに, たとえばスライド式つまみによって, いくつかの尺度の値を手動で設定していた. このアプローチはユーザーをいらだたせるものである. というのは, ユーザーは, システムデザイナーによって定義された不明瞭な尺度の上で, 自分の嗜好を評価しなければならないからだ. したがって, 我々のシステムではAHPに基づく別のアプローチを取った. 具体的には, 2つの旅行目的のどちらが好ましいかを問う15の問題がユーザーに与えられ, その回答をもとに十種類の旅行目的に対するウェイトが計算するというものである. この十種類の旅行目的を図2に示す通り, 階層構造を成している. この一対比較方式によるアプローチはスライド式つまみ方式よりは平易であるが, その一方でアンケートは大変時間のかかるものである. より短時間での嗜好の設定を実現するために, 「同じような人口学的属性を持つ旅行者は同じような旅行興味を持つ」とい

4 倉田 陽平

う仮定の下で、ユーザーに年齢、性別、職業といった情報の入力を求めるシステムもある[1, 8]. しかしながら、プライバシーに抵触している、あるいは自分たちの嗜好についてシステムがステレオタイプな判定を下している、と感じさせるという点で、このアプローチもユーザーをいらだたせるものである.

何はともあれ、ユーザーの嗜好がモデル化されたとなると、次にシステムはこのモデルに基づいて対象領域内すべての観光資源の評価を下すことになる. 各観光資源の価値は、いくつかの尺度に対するユーザーのウェイトとこれらの尺度に対する観光資源の評価値とのマッチングから求めることも[4, 5], 似たような嗜好/属性を持つ他の旅行者の下した評価から求めることも[1, 8]できよう.

最後に、システムは最適な旅行計画が算出される. 通常、この問題は選択的巡回セールスマン問題の一種であり、たとえば次のように定義される.

完全グラフ (V, E) , 各ノードの効用 u_i , 各ノードで消費する時間 t^{visit}_i , ノード間の移動時間 t^{travel}_{ij} , 起点 $v_{ori} \in V$, 終点 $v_{goal} \in V$ が与えられているとき, 時間制約 T のもとで効用の和を最大化するようなノード列 $v_{a_1}, \dots, v_{a_k} (v_{a_i} \in V)$ を見つけよ.

$$\begin{aligned} & \text{maximize } \sum_{i=1}^k u_{a_i} \\ & \text{s.t. } \sum_{i=1}^k t^{visit}_{a_i} + \sum_{i=0}^{k+1} t^{travel}_{a_i a_{i+1}} \leq T \\ & \quad v_{a_0} = v_{ori}, v_{a_{k+1}} = v_{goal} \end{aligned} \quad (1)$$

この問題はNP困難であるため、我々が開発したのは、時間制約を徐々に T まで増加していき、それとともに旅行計画を改訂していくというヒューリスティックな近似解法アルゴリズムである[4]. 一方、P-Tour[6]では近似解を得るために遺伝的アルゴリズムが用いられている. しかしながら、問題の規模がそう大きくない（たとえば、一日に十個以上の観光資源を訪れることはまれである）ことを考えると、動的計画法により厳密解が実時間で得られるのではないかと我々は思っている.

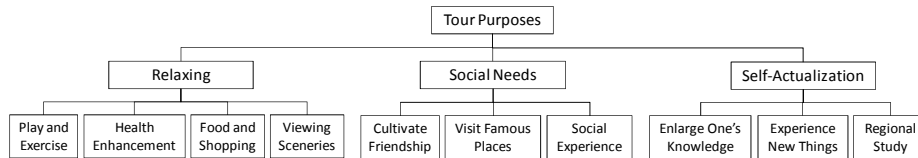


図2. ユーザー嗜好のモデルとして[4, 5]で使われた、十種類の旅行目的のなす構造

3. 問題点と課題

我々は被験者25人にプロトタイプシステムをテストするよう要請した[4]. ほぼすべてのユーザーはカスタマイズされた旅行計画が彼らの嗜好に合致していると認めたが、推薦されたプランが最適なものであるかは分かりかねるとした. ユーザーの中には、推薦されたプランが修正する（たとえば、かつて訪れたことのある観光資源を省く）ことが不可能であるということに不満を述べる者もいた. またアンケート方式について、時間がかかりすぎるし、計画プロセスに直結しているように思えないと不満を述べる者もいた.

実際のところ、他の旅行計画システムも同様の問題を抱えている. というのは他のシステムでも、何らかの不満のたまる嗜好/個人情報登録プロセスが課されているし、また推薦されたプランを直接修正できないからである. 例外的にP-Tour[6]は観光資源の評価をすべてユーザーにゆだねることで、嗜好/個人情報登録プロセスを省いている. したがってユーザーはどこを訪れたいか、訪れたくないかを表現できる自由がもっと与えられている. その代償として、ユーザーは訪れたことのない観光資源を評価しなければならない. このことから、我々はハイブリッドな方式、すなわちシステムが旅行計画をコーディネートし、ユーザーはそれを修正し計画に参加する機会が与えられている、というのが望ましい方式であると考え. これによりシステムはまたユーザーの関わり方から彼らの嗜好について学ぶことができる. このアイデアをより詳細に述べていこう.

3.1. 旅行計画の協調的デザイン

いったいどうしたらユーザーの負担を増やすことなく彼らの参加を促すことができるだろう？ 解決策の一つは、*candidate/critique model*[12]（候補／批判モデル）である。いくつか旅行計画を提示されている状況を想像して欲しい。一つは「仮」の嗜好モデルに即したもので、他の代替案は少し違った興味に応じたものとする。そこであなたはこれらを比べ、どのプランが好ましいか聞かれる。もし代替案を選べば、システムはどの観点が重視されたのか推定し、嗜好モデルを更新し、再び旅行計画が生成される。このプロセスが、ユーザーが同意するまで繰り返される。この方式はユーザーにとって好ましいものである。なぜなら、彼らは実現可能な選択肢を学び、それらの比較を通じて自分自身のニーズについて明らかにしていくことができるからである。この方式は時間がかかるけれども、おそらくユーザーは最終計画に対してかなりの満足を得るだろう。図3はそのような協調型の旅行プランニングを可能にする将来的な旅行計画システムのインターフェイスデザインを示したものである。簡単のため、このインターフェイスは画面上に二つのプランしか表示していないが、右下のボタンをクリックすることでユーザーはさまざまな特徴をもった代替プランを見ることができる。

より柔軟な旅行計画のためには、システム上でユーザーはどの観光資源に訪れたいか訪れたくないか表現できるとなるとよい。すべての観光資源について評価を下すのは避けたいにせよ、ある観光資源についてはリクエストを出したいかも知れない。たとえば、普段美術館好きで歴史的モニュメントは好かない旅行者でも、世界的に有名だという理由でベルサイユ宮殿に行こうとリクエストするかも知れないし、逆に何度も行ったことがあるからとオルセー美術館には行かないようにリクエストするかも知れない。旅行計画システムはそういったケースバイケースなリクエストを、人間のツアーコーディネーターのように応えていけるべきである。図3のインターフェイスデザインもそのようなリクエストへの対応を考慮に入れている。観光資源の追加／除去リクエストは、各観光資源のネームタグを「ツアーに追加」「魅力的でない」「以前行った」と書かれたアイコンへドラッグすることで実現できる。

ここで「魅力的でない」と「以前行った」を区別したのは、前者はユーザーの嗜好モデルを改訂するのに使えるが、後者は使えないからである。

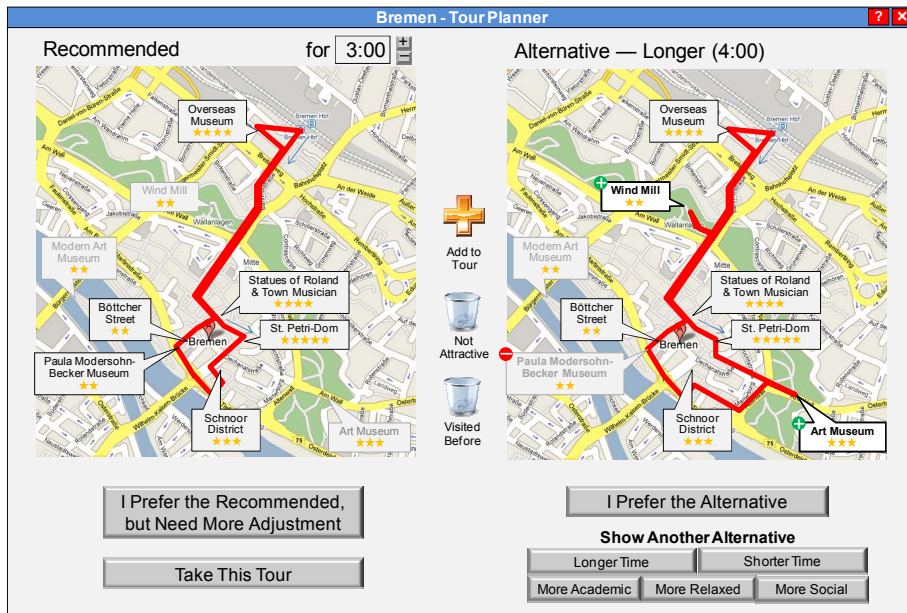


図3. 協調的旅行計画を実現する新しい旅行計画システムのイメージ

図3では各観光資源の評価値は1つ星から5つ星によって表現されている。なぜなら、量的なスコア（図1e）よりも星の数の方が直観的だからである。その一方で、推薦プラント代替案の総合評価値は表示されていない。なぜなら、その総合評価値は未完成の嗜好モデルによって算出されたものなので、ユーザーのプラン比較に混乱をきたすおそれがあるからである。

3.2. ユーザーの嗜好のスマートな検出

いったいどうしたら嗜好／個人情報登録プロセスを回避することができるだろうか。一つの解決策は、前節で紹介したように、繰り返されるユーザーによる代替案の選択をもとにユーザーの嗜好を推定することである。第二の解決策は、モバイル環境下で有効になるものだが、各観光資源を訪れた後でそれを評価するように求め、その反応によって嗜好モデルを更新することであ

8 倉田 陽平

る。もちろん、この観光資源の評価は実際の旅行の中では容易に苛立たしいプロセスになってしまう、そこで、評価は簡単で（とあてば一つ星から五つ星の中からの選択）、かつその頻度が最小化されるよう、インタラクションプロセスを注意深くデザインすべきである。

モバイル状況でのもう一つの快活策は、ユーザーの移動経路から彼らの嗜好を学ぶことである。彼らがどこに訪れ、どれだけ時間を使ったのかは、とりわけ通常の人々のデータと比べられたときに、ユーザーの嗜好について何か物語りそうである。しかしScmidt-Belz[2]はこの移動経路ベースの方式に対して疑問を呈し、たとえば教会への訪問は旅行者の教会への興味からではなく、教会の中でのコンサートのためだったり、塔からの美しい眺めのためだったり、時には回廊の小さなカフェのためかもしれないと述べている。しかし、我々は、とりわけ微視的な移動経路から積極的に観光に取り組んでいたか、それとも例えば観光資源の中で休憩していたか語れるとすれば、移動経路ベースの方式は有効であると考えられる。KieferとSchlider[13]は移動経路を「構文解析」しユーザーの意図を推測する方法について議論している。そのような「モバイル意図推定」技術は、移動経路からユーザーの旅行行動について推測する上で有用である。

3.3. 旅程最適化問題のより現実的な設定

我々のユーザーテストでは明らかにはならなかったが、我々の以前のシステムの問題点の一つは旅程最適化問題の設定が単純すぎるということだ。問題をより現実的なものとするために、次のような拡張を考えることができよう：

1. 観光資源だけではなく、経路にも価値を設定する
2. 観光資源の時間的／季節的変動を考慮に入れる
3. 観光資源間の移動時間をファジー値とする
4. ユーザーごとに各観光資源の予定滞在時間を調整する
5. 天候条件を考慮に入れる
6. 「単調」な旅程は低く評価する

拡張1により、観光資源間のルートの魅力度が旅行計画に組み込まれる。この拡張問題はEPTP（拡張版報酬付き旅行問題）の一種であり、その近似解法アルゴリズムは既に[14]で提案されている。もちろん、ルートの魅力度をいかに評価するかは研究課題として残されている。

拡張2は実践的な旅行計画において大変重要である。たとえば、博物館の価値は閉館時には0である。な眺望箇所の中には日暮れ時に価値を増し、太陽光が前から来る時刻には価値を減ずるようもある。植物園は夏には魅力的だが、冬はそうでない。このように、観光資源の価値は刻々と代わるものであり、そのような時間的変動は無視しがたい。松田ら[15]は既に拡張2及び拡張3に取り組んでいる。彼らはFORPS（ファジー観光経路最適化問題）を定義し、近似解法を得るためのヒューリスティックなアルゴリズムを提案した。拡張3はまた、渋滞や本数の少ない公共交通による移動時間の変動に対処する上で重要である。

拡張4を実現するためには、旅行者の嗜好と観光資源の性格から滞在時間を予測するモデルをつくる必要がある。このためには、旅行者の行動統計データを分析する必要がある。

拡張5もまた実践的な旅行計画のためには大変重要である。たとえば、もし天気予報が午後の雨を伝えているなら、野外のアトラクションは午前を訪れ、博物館は午後にとっておくような旅程を計画する方が望ましい。たとえ旅行がはじまったあとでも、急な雨の場合はプランは柔軟に修正されるべきである。これらの問題は拡張2で用いられた手法によって対処することができる。

拡張6に関しては、現在のシステムでは観光資源は個別に評価され、組み合わせとしては評価されない。この結果、たとえば、もしユーザーが博物館好きであれば、システムは一日中、博物館を訪問し続けるような旅程を推薦する。おそらくこれはこのユーザーにとっても退屈なものであろう。したがって、訪れる観光資源の単調具合を評価し、それを旅行計画に活用できるようなシステムが望ましい。

3.4. モバイル志向のサービス

モバイルコンピューティングの潮流の中で、旅行情報システムはよりモバイル状況下で使われるようになっていくだろう。鍵となるのは、いかにモバイルデバイス向けのサービスを提供するかである。たとえば、モバイル版のP-Tour[16]はユーザーの位置をGPSで監視し、ルートから外れたりスケジュールが遅れたりすると警告を表示する。そのようなスケジュール管理やリアルタイムでの旅行計画の調整は、モバイル環境下における旅行計画システムの潜在的な強みである。移動経路情報をもとにした嗜好検出（3.1節）はモバイル志向旅行計画システムの別の可能性である。さらに、旅行計画システムが他のインテリジェントなモバイル技術、たとえば賢い経路案内（たとえば経路の特性に応じた経路案内[17]）や現在位置情報を用いた検索（i-Pointer[18]）といったものと組み合わせたり、総合的な旅行支援システムを構成するようになれば、旅行計画システムの可能性はさらに高まっていくものがある。

4. おわりに

旅行情報システムは多様なユーザーのニーズに応えなければならない。同時に、過大な情報提供はユーザーの意志決定を困難にするので、過度の情報提供は避けるべきである。既にいくつかのユーザー適応型旅行計画システムがつくられてきたが、それらはまだまだ改善の余地がある。我々は今後の旅行計画システムにおける課題点をいくつか議論してきた。それらは①協調型旅行計画、②ユーザーの嗜好のスマートな検出法、③旅程最適化問題のより現実的な設定、そして④モバイル志向の旅行計画サービスである。それらに加え、以前のシステムにおける旅行者嗜好モデル（たとえば図2）は旅行情報システムを改善していく上で丁寧に検証していくべきである。

ユーザーの嗜好／ニーズ／特性のスマートな検出法は、あらゆる種類のユーザー適応型システムにとって重要なテクノロジーである。このようなユーザー適応型システムのうち、モバイル情報システムはユーザーの位置情報を

ユーザープロファイリングに利用することができる。移動経路をもとにした嗜好検出，というアイデアは，他のユーザー適応型空間情報システムに適用可能である。たとえば，自転車ナビゲーションシステムは移動経路からユーザーがどの種類の経路を好むのか学ぶことができる。ショッピング中にユーザーがどこでどのくらい過ごしたという情報は，ユーザー向けに広告を構成する際に有用である。それゆえ我々は，移動経路を元にした嗜好検出を研究していくことは，空間行動をアシストするシステムの可能性を広げるものであると考えている。

謝辞

倉田陽平の研究はDFG（ドイツ科学財団）により学際研究センターSFB/TR 8 Spatial Cognitionを通じてサポートされている。

参考文献

1. Ricci, F., Arslan, B., Mirzadeh, N., Venturini, A.: ITR: A Case-Based Travel Advisory System. In: Craw, S., Preece, A. (eds.): ECCBR 2002, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 2416, pp. 613-627. Springer, Berlin/Heidelberg, Germany (2002)
2. Schmidt-Belz, B., Nick, A., Poslad, S., Zipf, A.: Personalized and Location-Based Mobile Tourism Services. In: Workshop on Mobile Tourism Support Systems (2002)
3. Ardissono, L., Goy, A., Petrone, G., Segnan, M., Torasso, P.: Intrigue: Personalized Recommendation of Tourist Attractions for Desktop and Handset Devices. Applied Artificial Intelligence: Special Issue on Artificial Intelligence for Cultural Heritage and Digital Libraries 17(8-9), 687-714 (2003)
4. 倉田陽平: 個人嗜好に応じた観光モデルルート自動作成システムの開発. 東京大学都市工学科学士論文(2000).
5. 倉田陽平・貞広幸雄・奥貫圭一: 個人嗜好に応じた観光コース自動作成システムの開発. 地理情報システム学会講演論文集, 9, 199-202 (2000)

6. Maruyama, A., Shibata, N., Murata, Y., Yasumoto, K., Ito, M.: A Personal Tourism Navigation System to Support Traveling Multiple Destinations with Time Restrictions. In: 18th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 18-21 (2004)
7. Goy, A., Magro, D.: STAR: A Smart Tourist Agenda Recommender. In: Configuration Workshop at ECAI 2004, pp. 8/1-8/7 (2005)
8. Lee, J., Kang, E., Park, G.-L.: Design and Implementation of a Tour Planning System for Telematics Users. In: Gervasi, O., Gavrilova, M. (eds.): ICCSA 2007, Lecture Notes in Artificial Intelligence, pp. 179-189. Springer, Berlin/Heidelberg, Germany (2007)
9. Hochmair, H., Rinner, C.: Investigating the Need for Eliminary Constraints in the User Interface of Bicycle Route Planners. In: Cohn, A., Mark, D. (eds.): COSIT'05, Lecture Notes in Computer Science vol. 3693, pp. 49-66. Springer, Berlin/Heidelberg, Germany (2005)
10. Saaty, T.: The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, New York, USA (1980)
11. Laporte, G.: Tour Location Problems. European Journal for Operations Research 106, 2-3 (1996)
12. Linden, G., Hanks, S., Lesh, N.: Interactive Assessment of User Preference Models: The Automated Travel Assistant. In: Jameson, A., Paris, C., Tasso, C. (eds.): Sixth International Conference on User Modeling, pp. 67-78. Springer (1997)
13. Kiefer, P., Schlieder, C.: Exploring Context-Sensitivity in Spatial Intention Recognition. In: Gottfried, B. (ed.): Intl. Workshop on Behavioral Monitoring and Interpretation, TZI-Bericht, vol. 42, pp. 102-116. Technologie-Zentrum Informatik, Universität Bremen (2007)
14. Joset, M., Stille, W.: A User-Aware Tour Proposal Framework Using a Hybrid Optimization Approach. In: 10th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems, pp. 81-87. ACM Press (2002)
15. Matsuda, Y., Nakamura, M., Kang, D., Miyagi, H.: An Optimal Routing Problem for Sightseeing with Fuzzy Time-Varying Weights. In: IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 4, pp. 3665-3669 (2004)