

MCTS アルゴリズムに基づく知的旅行プラン計画システム

劉滄（リュウ コウ） 21860638

東京都立大学 情報科学

概要： 本論文では、まず観光産業において旅行計画システムの現状と欠点について説明し、旅行計画システムの関連研究を論じる。次は MCTS (Monte-Carlo Tree Search) アルゴリズムに基づく旅行計画システムの構築方法と旅行ビッグデータを活用する方法を論じる。最後はユーザーニーズの分析、想定できる効果、システムの評価方法、将来 possible の機能について論じる。本論文は人工知能とビッグデータの視点から分析し説明する。

Keyword： 人工知能、ビッグデータ、MCTS、旅行計画

1.はじめに

観光産業がますます盛んになってきた今、旅行の計画は欠かせないものとなっている。しかし、旅行の初心者にとって、完璧な旅行計画を立てることは非常に難しいことである。プロのトラベルプランナーの力を借りれば、良い旅行計画を立てることができるかもしれないが、必要なのは専門的な資格(プロのトラベルプランナーが少ない)とお金(プロのプランナーの費用は高い)である。

人工知能の急速な発展に伴い、AI による旅程計画が注目されている。典型的な旅行計画システムは、ユーザーの好み(例: アトラクションの好み、スケジュールの好み、価格の好み)を入力するだけで、幅広いツアー候補の中から、ユーザーの好みに最も合う旅程を特定することができる。トラベルプラットフォームからのデータをもとに、商品の在庫やキャンペーン情報を旅程のアルゴリズムに反映させ、旅行計画におけるサービスの質を向上させる。

また、旅行者は旅を終えた後（旅の途中も可能）、旅程のルート进行评估し、フィードバックしてもらう。

十分なデータが蓄積されると、AI アルゴリズムは大量なデータをマイニングして分析し、旅行計画アルゴリズムモデルをさらに最適化することができるようになる。このようにして、お客様にはますます信頼性の高いツアーを提供することができる。

2.既存システムの不足

現在、多くの旅行会社でインテリジェントな旅行計画システムが導入されており、最速の旅行計画はわずか2秒で完了し、ユーザーの待ち時間を大幅に短縮している。主な実現方法は、キーワードマッチングとビッグデータコンピューティングを利用して計画を実現している。

しかし、既存の旅行計画システムにはいくつかの不足がある。

(1)多くのユーザーが戸惑うのは、旅行日数をどのように推定するかというプロセスである。目的地の情報を知らない旅行者にとって、旅の予定日数を見積もるのはとても難しいことである。その場所で何日間・何時間遊ぶかは、他の人のヒントや旅行記を参考に必要がある。

(2)インテリジェントな旅程計画の作成では、ユーザーが複数の選択肢から選択できるようにしたほうがいい。ユーザーの旅程は実際の体験に応じて変化し、不確定要素によってはルートを変更する要求も時々ある。現在の旅行計画システムでは、ユーザーの期待に応える最適な計画ルートしか考慮されず、十分な柔軟性が実現されていない。



図 1.BAIDU 旅行の LOGO

(3)POI やルートなどの詳細情報がない。中国で有名な「BAIDU 旅行」（倒産した）システムを例にとると、「BAIDU 旅行」では、移動の所要時間、観光地への行き方、費用などが完璧に考慮されておらず、詳細な情報が提供されていない。また、「BAIDU 旅行」では、食事や宿泊に関する案内も十分ではな

い。はじめで観光地に到着した旅行者にとっては、この2つの側面を考慮しておかないと、より良い旅ができない。

(4) 現有の旅行計画システムでは、ユーザーの要求に一番ふさわしい最適な旅行アドバイスが完璧に実現できない。例えば、最も安い航空券はいつなのか、最もコスト / 時間効率の良い交通手段は何か、どのホテルやレストランが最も手頃 / 便利 / お得なのか、天気、お祭り、コロナによる制限、旅行者の生体情報などの視点から考える最適化をしないとイケない。そして、それぞれの行動の詳細、選択可能の行く場所などもいまいちである。

つまり、旅行計画に関するビッグデータの活用とその応用はまだまだである。

3.MCTS

3.1 MCTS アルゴリズム

MCTS は、モンテカルロ木探索とも呼ばれ、木構造に基づいて、トレードオフで探索・利用でき、なおかつ大きな探索空間でも比較的効率的に探索できる木探索アルゴリズムの総称である。多くの囲碁 AI アルゴリズム（例えば AlphaGo）は、MCTS の実装に基づいている。

MCTS は、探索空間が大きすぎてすべてのサブツリーの値を計算できないという問題を解決し、局所最適に陥らないように探索と利用のバランスをとる、より効率的な探索戦略を与える。これらの機能を MCTS に実装する方法は数多くあるが、代表的なものは UCB 式（Upper Confidence Bounds）を組み込んだ UCT（Upper Confidence Bound Apply to Tree）アルゴリズムである。

3.2 UCB アルゴリズム

UCB アルゴリズムは、UCT（Upper Confidence bounds for Trees）の古典的な MCTS 実装で使用されているアルゴリズムである。その計算式は以下の通り。

$$\arg \max_{v' \in \text{children of } v} \frac{Q(v')}{N(v')} + c \sqrt{\frac{2 \ln N(v)}{N(v')}}}$$

公式 1.UCB 式

ここでの v' は現在の木のノード、 v は親ノード、 Q はこの木のノードの累積 quality 値、 N はこの木のノードが訪問された回数、 C は定数パラメータ（搾取と探索の重みを制御する）である。 C 定数には、Kocsis と Szepesvari によって提案された経験値である $1 / \sqrt{2}$ を使用することが多い。

この式は、後続の選択のために各ノードの値を見つけるもので、2 つの部分から構成されている。

$$\frac{Q(v')}{N(v')}$$

公式 2.平均リターン値

$$c \sqrt{\frac{2 \ln N(v)}{N(v')}}}$$

公式 3.BAIDU 旅行の LOGO

公式 2 はこのノードの平均リターン値（高いほど、このノードは良いリターンが期待でき、搾取のために選択する価値があることを意味する）、公式 3 は、この親ノードへの訪問回数の合計を子ノードへの訪問回数で割ったもの（子ノードへの訪問回数が少ない場合は値が大きいほど選択に値する）なので、この式を探索と利用の両方に使うことができる。

3.3 UCT アルゴリズム

Kocsis と Szepesvari は、2006 年に UCB 式を minimax 木探索に拡張することで、完全な MCTS アルゴリズムを初めて構築し、UCT（Upper Confidence Bounds for Trees）法と名付けた。古典的な UCT アルゴリズムは、図 2 に示すようなステップで動作する。

3.4 なんで MCTS

MCTS は、統計学に基づくことができる複雑なシステム（例：囲碁）に適しており、その特性により、次元の呪いなどの原因で実装が困難な問題を、UCB 式を用いて枝刈りすることができ、演算量を大幅に

削減することができる。膨大な旅行データに対して、私たちは旅行計画を最適化問題として扱うと、MCTS はいい手法である。

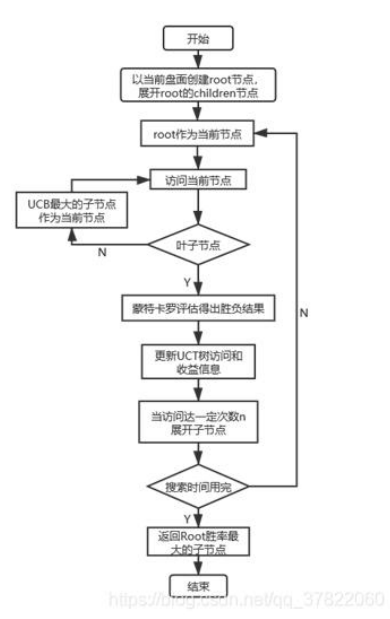


图 2.UCT の手順

4.ユーザニーズの分析

趣味として、私は 2021 年 3 月の時、知り合いの中国人の 23 人を対象として、日本へ旅行するのニーズに関するアンケートを行った。

アンケートの結果は以下：

表 1.日本へ旅行するのニーズ（23 人の中国人が対象）

美食	78.2%	建築	69.6%	異文化	65.2%
自然	39.1%	娯楽	39.1%	知識	13%

美食と日本の文化を体験したい人が多い。したがって、旅行計画システムがユーザーのニーズに応じて、観光地だけでなく、飲食（宿泊も）に関するの推薦が大事だと思う。

日本へ旅行する時心配なことに関するアンケートは以下：

表 2.日本へ旅行する時心配なこと（23 人の中国人が対象）

日本語わからない問題、異文化衝突による問題	78.2%
チケット、入場料などのお得かどうかの問題	65.2%
天気、自然災害、事件、コロナによる情報更新の問題	56.5%

文化の衝突は一番不安な問題ようだ。旅行支援のシステムは、ルートだけでなく、観光地の注意点などを提示するが必要、言語などの支援も必要だと思う。次はお得の問題、日本に旅行する外国人は特安いチケットが購入できる場合が多いため、それを支援システムに提示しなければいけない。最後は、情報のリアルタイム問題、もし観光地などの情報がリアルタイムに更新できれば、より特別な旅ができるかもしれないし、悪い経験を避けることができるかもしれない。

5.システムの構築とデータの活用

5.1 システムの構築

プロのトラベルプランナーのプランニング方法からヒントを得て、対応するアルゴリズムを旅行プランニングに応用している。 時間距離や金額だけでなく、POI の質と変化の可能、ユーザーの好みや相性を考慮、ユーザーの旅の体験や感覚（生体情報を考える）を重視する必要がある。

ユーザーの旅の体験を向上させることを主な目的として、決定木などのアルゴリズムを用いて、旅行計画を経路計画問題から決定ゲーム問題へと変換することを検討する。旅行プロセスにおけるモバイルの意思決定をキーノードとみなし、マルコフ統計モデルの考え方を用いて、最適な旅行日程の決定を一般化する。その後、ビッグデータの蓄積により、より良い体験ができる可能性の高い旅行ルートが導き出され、人気の高い旅行提案が増えて、分かっていく。

5.1 データの活用方法

大量の旅行情報を持ってる旅行企業は、ビッグデータを活用するため、旅行データの収集、保存、分析など、どちらでも工夫する必要がある。

大きな問題は、POIの実状況（例えば変化の速い天気、自然災害の発生などの情報）はリアルタイム更新が難しい。数多くの旅行は、急速な変化が発生したら、旅行者はどうしようもない可能性がある。そして、旅行者たちの身体機能（生体情報）も旅行支援に参考できると思う。

もし、実観光地にいるユーザーが、リアルタイムで観光地の有用な、変化した情報と、自分の生体情報と感想などの情報を旅行会社に送れば、きっともっと知能的なシステムを作れると思う。

ユーザーからのデータは前処理が必要だと思う。

6.システムの評価方法

旅行者は旅の終わりに、あるいは観光地を体験した直後に、フィードバックしてもらう。

旅行支援を受けた旅と、受けてない旅の、フィードバックの結果を比較する。

大手旅行会社なら、体験してくれるユーザーが多いと思うので、大量の被験者の実体験でシステムの効果を比較する。

7.将来の発想

(1) 将来、データの量は爆発みたいに増加する見込みだ。旅行データも観光業の発展と共に増加するので、効率的にビッグデータから価値のある情報を抽出するには、もっと良い手法が求められている。

(2) 旅行支援には、最適化した旅行時間と消費はもちろん、リアルタイム更新する最新情報、ユーザーたちの個人差、好み、生体情報などのデータを合わせて考えることは将来の目標と思う。

(3) 旅行の状況による、次の目的地を変更する機能も考えられる。

(4) 旅行支援会社と運輸会社、ホテル、レストランなどと連携して、ユーザーにお得なサービスを提供する新世代の MaaS が想像できる。

(5) ユーザーも自分の感想とか、好みとか、評価とかをアップロードし、旅行計画システムの進化に協力する。

(6) 旅行計画だけじゃなくって、出かけプラン、散策プランの計画などへの適用も考えられる。

8.参考文献

[1] Shini Renjith, A. Sreekumar, M. Jathavedan, An extensive study on the evolution of context-aware personalized travel recommender systems, Information Processing & Management, Volume 57, Issue 1, 2020, 102078, ISSN 0306-4573, <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2019.102078>.

[2] 宇野 都, 植竹 朋文, ユーザの興味を考慮した観光プラン推薦システムの提案, 第 79 回全国大会講演論文集, 207 – 208, Issue 1, 2017.

[3] トリップアドバイザー, <https://www.tripadvisor.jp>, 2021.9.14 閲覧.

[4] D. Lenz, T. Kessler and A. Knoll, "actical cooperative planning for autonomous highway driving using Monte-Carlo Tree Search, 2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2016, pp. 447-453, doi: 10.1109/IVS.2016.7535424.