

❧ پایان بازی در مرز سکوت (آخرین آخرین مأموریت)

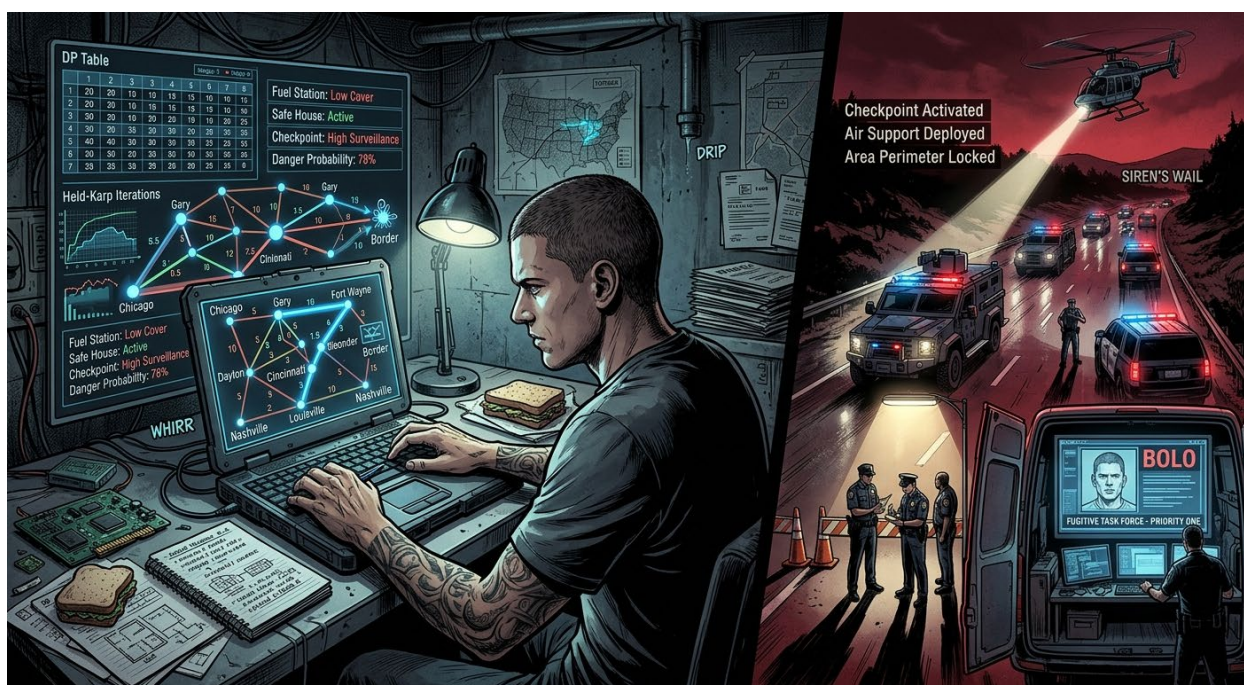
مایکل اسکافیلد کنار جاده‌ای متروکه ایستاده بود و به چراغ‌های دوردست شهر خیره شده بود. فرار از فاکس ریور تنها آغاز ماجرا بود. سیستم نظارتی را کور کرده بودند، اما هنوز یک مانع بزرگ باقی مانده بود: شبکه تعقیب فدرال.



ماهون و تیمش تمام جاده‌های خروجی ایالت را تحت نظر گرفته بودند. مایکل می‌دانست که برای رسیدن به مرز، تنها سرعت کافی نیست؛ باید از پیچیدگی سیستم جلوتر فکر می‌کرد.

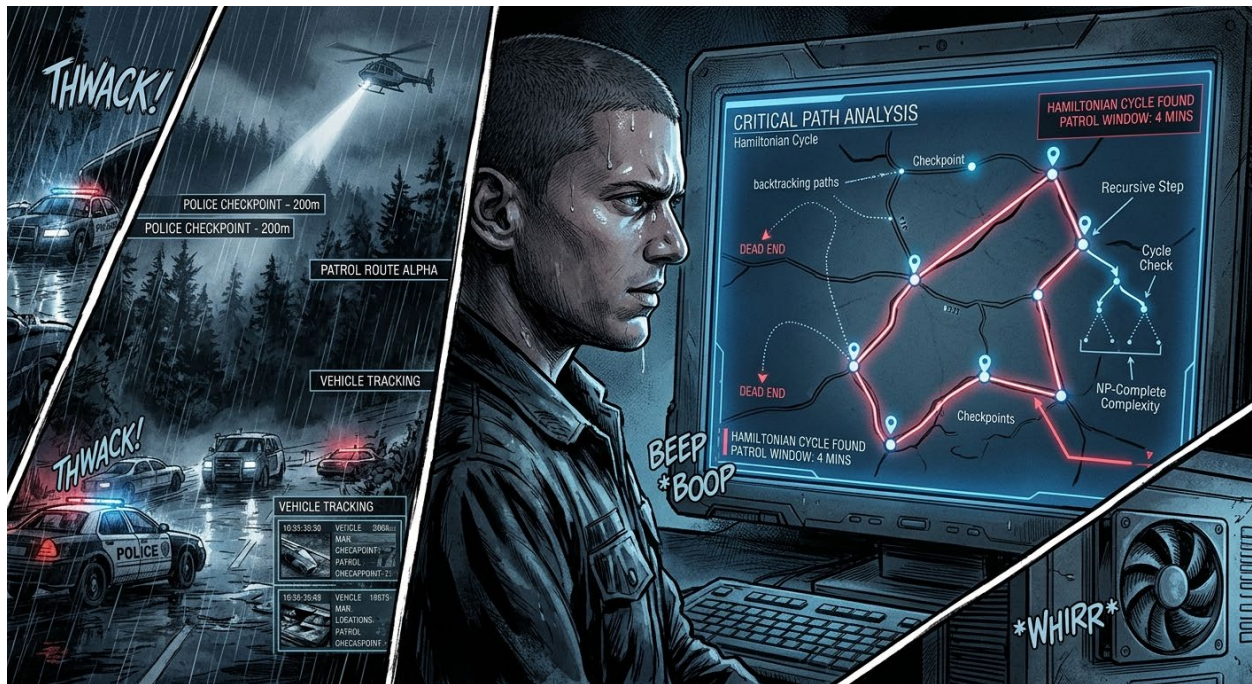


او نقشه کامل شهرها، جاده‌ها و ایست‌های بازرسی را روی لپ‌تاپ باز کرد. شبکه‌ای از شهرها روی صفحه ظاهر شد. برای یک لحظه سکوت برقرار شد. بعد مایکل آرام گفت:
اگر بخواهیم زنده بمانیم، باید بازی را در سطح دیگری حل کنیم مرحله نهایی فرار آغاز شد.



ایستگاه عملیاتی ۱: چالش شبکه شهرها (Traveling Salesman)

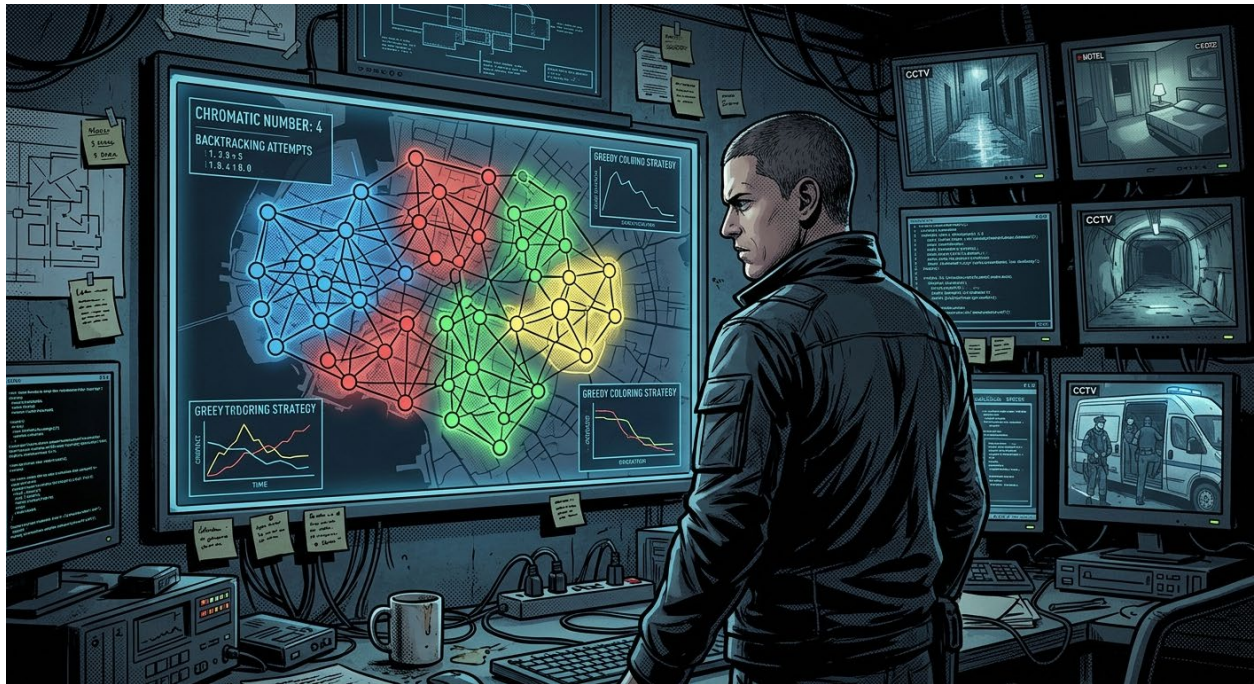
- مسئله:** مایکل باید قبل از رسیدن به مرز، از چندین شهر امن عبور کند تا مدارک جعلی، سوخت و تجهیزات تهیه کند. هر شهر فقط یک بار باید بازدید شود زیرا حضور دوباره احتمال شناسایی را بالا می‌برد. نقشه جاده‌ها به صورت یک گراف وزن‌دار داده شده است که در آن رأس‌ها شهرها هستند و یال‌ها زمان سفر بین شهرها است. مایکل باید کوتاه‌ترین مسیر ممکن را پیدا کند که از یک شهر شروع شود و همه شهرهای امن دقیقاً یک بار عبور کند و در نهایت به نقطه خروج برسد.
- راهکار:** پیاده‌سازی نسخه Dynamic Programming الگوریتم Held-Karp تحلیل پیچیدگی زمانی آن‌آزمایش روی چند گراف با اندازه‌های مختلف.



ایستگاه عملیاتی ۲: چالش عبور از مرز امنیتی (Hamiltonian Cycle)

- مسئله:** پس از عبور از شهرها، مایکل به شبکه‌ای از جاده‌های روستایی می‌رسد که توسط گشت‌های پلیس کنترل می‌شود. برای جلوگیری از جلب توجه، تیم باید مسیری را طی کند که از تمام نقاط کنترل عبور کند و دوباره به نقطه شروع بازگردد تا مسیرشان مانند یک گشت عادی به نظر برسد. مایکل نقشه جاده‌ها را مانند یک گراف بدون وزن در نظر می‌گیرد.
- هدف:** پیدا کردن مسیری که از هر رأس دقیقاً یک بار عبور کند و در پایان به رأس شروع بازگردد.

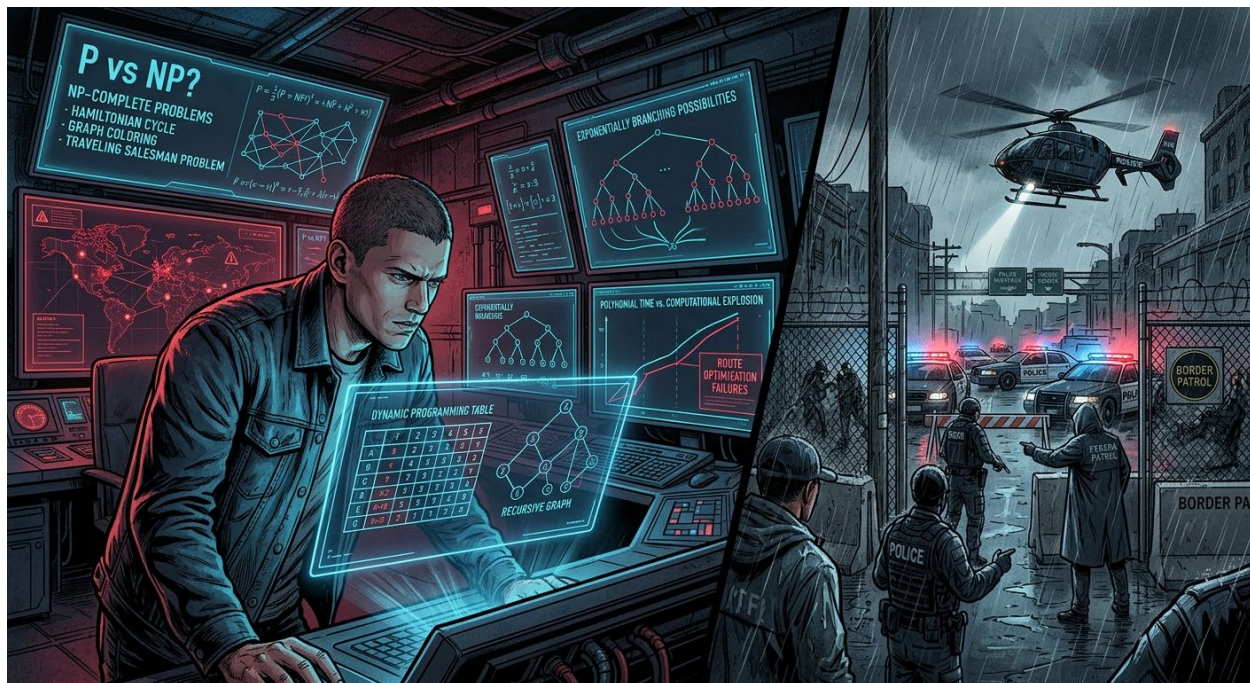
- **راهکار :** پیاده‌سازی الگوریتم Backtracking برای پیدا کردن Hamiltonian Cycle تحلیل پیچیدگی زمانی الگوریتم بررسی اینکه چرا این مسئله در دسته مسائل NP-Complete قرار می‌گیرد



ایستگاه عملیاتی ۳ : چالش شبکه مخفی‌گاه‌ها (Graph Coloring)

- **مسئله :** مایکل برای مخفی شدن در مسیر، چندین خانه امن دارد. مشکل اینجاست که برخی از این خانه‌ها خیلی به هم نزدیک هستند و اگر همزمان استفاده شوند احتمال لو رفتن افزایش می‌یابد.
او شبکه‌ای از مخفی‌گاه‌ها را به صورت گراف مدل می‌کند: هر رأس یک مخفی‌گاه است اگر دو مخفی‌گاه به هم نزدیک باشند یک یال بین آن‌ها وجود دارد مایکل باید به هر مخفی‌گاه یک «زمان استفاده» اختصاص دهد به طوری که هیچ دو مخفی‌گاه مجاور در یک زمان استفاده نشوند.
- **راهکار :** پیاده‌سازی الگوریتم Graph Coloring با Backtracking یا الگوریتم Greedy Coloring محاسبه حداقل تعداد رنگ‌های لازم

تفسیر: هر رنگ نشان‌دهنده یک بازه زمانی برای استفاده از مخفی‌گاه است.



ایستگاه عملیاتی ۴ : چالش محدودیت زمان (P & NP)

- **مسئله :** مایکل متوجه می‌شود که حل دقیق برخی از این مسائل بسیار زمان‌بر است. او باید تصمیم بگیرد کدام مسائل را می‌توان سریع حل کرد و کدام‌ها ذاتاً سخت هستند.
- **راهکار :** تعریف کلاس P

تعریف کلاس NP

مفهوم NP-Complete

اینکه چرا مسائل زیر NP-Complete هستند:

• Hamiltonian Cycle

• Graph Coloring

• Traveling Salesman (نسخه تصمیمی)

و توضیح دهد چرا برای این مسائل معمولاً از الگوریتم‌های تقریبی یا هیوریستیک استفاده می‌شود.



ایستگاه عملیاتی ۵ : چالش فرار نهایی (Approximation for TSP) 🚩

- **مسئله :** زمان رو به پایان است. نیروهای فدرال نزدیک می‌شوند و مایکل دیگر فرصت اجرای الگوریتم دقیق TSP را ندارد. او مجبور است یک مسیر «تقریباً بهینه» پیدا کند. برای این کار از الگوریتم تقریبی برای TSP استفاده می‌کند که بر پایه Minimum Spanning Tree ساخته می‌شود.

زمان رو به پایان است. نیروهای فدرال نزدیک می‌شوند و مایکل دیگر فرصت اجرای الگوریتم دقیق TSP را ندارد. او مجبور است یک مسیر «تقریباً بهینه» پیدا کند. برای این کار از الگوریتم تقریبی برای TSP استفاده می‌کند که بر پایه Minimum Spanning Tree ساخته می‌شود.

- **راهکار :** پیاده‌سازی الگوریتم Approximation برای TSP مقایسه طول مسیر با جواب دقیق‌تری نسبت تقریب الگوریتم



«مایکل به صفحه ی لپتاپ خیره ماند. الگوریتم تقریبی اجرا شد. شاید این مسیر کوتاهترین نبود، اما کوتاهترین زمانی که در اختیار داشت، همین بود. با خود زمزمه کرد: «در فرار، گاهی «به اندازه کافی خوب» همان «بهترین» است. حالا بدویم.»



لپتاپ را بست. چراغ‌های گشت فدرال در دوردست روشن می‌شد. تیم به سمت ماشین دوید. مسیری که درخت پوشای حداقل ترسیم کرده بود، شاید ۵۰٪ طولانی‌تر از جواب بهینه بود، اما در زمان چند دقیقه‌ای محاسبه شد. همان چند دقیقه تفاوت بین آزادی و اسارت بود.