

**Land Use Planning for Ankara Province Considering Ecosystem Services Using
Multiobjective Genetic Algorithm Optimization**

Urbanization and rapid land-use change cause environmental challenges, pressuring spatial planning and impacting sustainability. To overcome the limited capacity of existing methods to balance economic, ecological, and spatial objectives, this study introduces a genetic algorithm (GA)-based multi-objective optimization framework for sustainable land-use planning in Ankara Province, Türkiye. Incorporating ecosystem service valuation (ESV), the model optimizes land allocation to maximize ESV, minimize conversion costs, enhance compactness, and preserve historical patterns while satisfying spatial and engineering constraints. Meeting population targets remains a critical feasibility requirement alongside slope, wetland, and urban expansion limits. Solutions generated by the GA were refined using a Cellular Automata (CA) algorithm to improve spatial applicability. Given the high spatial resolution and computational demands, optimization runs were executed on a high-performance computing (HPC) server. The framework was applied to generate an alternative 2018 land-use map and to project 2050 scenarios under expected population growth. For 2018, the selected hybrid scenario (HYB), chosen among 19 alternatives for its balanced performance across all objectives, achieved a total ESV of 2.55×10^9 USD/year, which is slightly higher than the actual 2018 map (2.54×10^9 USD/year) while producing a more compact configuration with fewer constraint violations. For 2050, among 10 evaluated scenarios, the hybrid one (T1) reached an estimated ESV of 2.64×10^9 USD/year, representing a 3.5% improvement over the 2018 baseline despite demographic and spatial constraints. Overall, this study suggests that evolutionary computation can generate land-use strategies that balance ecological sustainability, population demands, and spatial planning constraints.

By: Esin Yandımata

Advisor: Prof. Dr. Ayşegül Aksoy

Çok Amaçlı Genetik Algoritma Optimizasyonu Kullanılarak Ekosistem Hizmetlerini Dikkate Alan Ankara İli Arazi Kullanım Planlaması

Kentleşme ve hızlı arazi kullanım değişiklikleri, çevresel sorunlara yol açarak mekansal planlamayı zorlaştırmakta ve sürdürülebilirliği etkilemektedir. Mevcut yöntemlerin ekonomik, ekolojik ve mekansal hedefleri dengelemekteki sınırlı kapasitesini aşmak için, bu çalışma Türkiye'nin Ankara ilinde sürdürülebilir arazi kullanım planlaması için genetik algoritma (GA)-tabanlı çok amaçlı optimizasyon çerçevesi sunmaktadır. Ekosistem hizmetleri değerlemesi (ESV) ile entegre edilen model, ESV'yi artırmak, dönüşüm maliyetlerini azaltmak, kompaktlığı artırmak ve tarihi desenleri korumak hedefleriyle arazi tahsisini optimize etmektedir. Göz önünde bulundurulması gereken temel bir kısıtlama olarak, hedeflenen nüfusa ulaşmanın yanında, eğim, sulak alan ve kentsel genişleme kısıtlamalarına da uyum sağlanmalıdır. GA tarafından üretilen çözümler, mekansal uygulanabilirliği iyileştirmek için hücresel otomat (CA) algoritması kullanılarak rafine edilmiştir. Yüksek mekansal çözünürlük ve hesaplama gereksinimleri göz önüne alındığında, optimizasyon işlemleri yüksek performanslı bir bilgi işlem (HPC) sunucusunda gerçekleştirilmiştir. Bu model, alternatif bir 2018 arazi kullanım haritası oluşturmak ve beklenen nüfus artışına göre 2050 senaryolarını tahmin etmekte kullanılmıştır. 2018 için, tüm hedeflerde gösterdiği dengeli performansı sayesinde 19 alternatif arasından seçilen hibrit senaryo (HYB) için toplam ESV değeri $2,55 \cdot 10^9$ USD/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, 2018 haritasındaki gerçek değerden ($2,54 \cdot 10^9$ USD/yıl) biraz daha yüksek olmakla birlikte, daha az kısıtlama ihlali ile daha kompakt bir yapı ortaya koymuştur. 2050 için, değerlendirilen 10 senaryo arasında, hibrit senaryo (T1) $2,64 \cdot 10^9$ USD/yıl ESV'ye ulaşmış, demografik ve mekansal kısıtlamalara rağmen 2018 referansına göre %3,5'lik bir iyileşme göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma evrimsel algoritmaların ekolojik sürdürülebilirlik, nüfus talepleri ve mekansal planlama kısıtlamaları arasında denge kuran arazi kullanım stratejileri üretebileceğini önermektedir.

Sunucu: Esin Yandımata

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşegül Aksoy