DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ
MATEMATİK BÖLÜMÜ

ÖĞRENCİ SEMİNERLERİ

Makineyle Denetlenen İspatlar: Lean 4'ün Gücü Fonksiyonel Programlama, Lean, Aristotle ve Yapay Zeka Araçları

İsmail Can Akdeniz
Melis Meriç Gürel
Dokuz Eylül Üniversitesi

ÖZET

Bu seminerde, **Lean 4** aracılığıyla **etkileşimli teorem ispatı** ve **fonksiyonel programlamayı**; ayrıca **Aristotle** ve AI araçları ile otomatik ispat aramayı tanıtacağız.

Bilgisayar destekli ispat doğrulamasının temeli, mantık ile tip kuramı arasında doğrudan bir izomorfizma kuran *Curry–Howard Eşlemesi*'ne dayanır:

$$\text{Önermeler} \iff \text{Tipler}, \qquad \text{İspatlar} \iff \text{Programlar (Terimler)}.$$

Biçimsel Doğrulama İlkesi. *P, Lean 4'te bir tip olarak biçimselleştirilmiş matematiksel bir önerme olsun. Lean çekirdeği, $P : p$ terimini ancak ve ancak p, P önermesi için mantıksal açıdan eksiksiz ve hatasız bir ispat oluşturuyorsa kabul eder.*

Mathlib kütüphanesini kullanarak klasik analiz önermelerinin Lean'ın biçimsel sözdizimine nasıl aktarıldığını göstereceğiz. Özellikle, gerçek sayı dizilerinin yakınsaklığını ele alacağız: $\{a_n\}$ sıfıra yakınsayan bir gerçek sayı dizisi, $\{b_n\}$ ise sınırlı bir gerçek sayı dizisi olsun. Bu iki dizinin çarpım dizisi $\{a_n b_n\}$'nin de sıfıra yakınsadığını biçimselleştirip kanıtlayacağız:

$$\lim_{n\to\infty} a_n = 0 \text{ ve } \{b_n\} \text{ sınırlıdır} \implies \lim_{n\to\infty} a_n b_n = 0.$$

Bu ispatı Lean'ın *Taktik Modu*nda canlı gösterimlerle pekiştirecek ve Aristotle gibi yapay zeka destekli ispatlayıcıların eksik ispat adımlarını (`sorry`) tamamlamaya nasıl yardımcı olduğunu göstereceğiz. Zaman kalırsa başka örnekleri de ele alacağız.

Makineyle Denetlenen İspatlar: Lean 4'ün Gücü başlıklı mezuniyet projemizin bir parçası olan bu seminer, lisans düzeyindeki matematiği biçimselleştirmeye ve ispatları mantıksal kesinlikle doğrulamaya yönelik erişilebilir bir giriş sunmaktadır.

TARIH VE SAAT: **23 Kasım 2026, Pazartesi, 13.00**
DERSLIK: **B254**