

DAG 4m Teleskobunda Sistem Mühendisliği Süreçleri

Deniz Çoker^{1*}, Bülent Güçsav¹

¹Atatürk Üniversitesi, Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM), Erzurum, Türkiye

Özet

Sistem mühendisliği (SM), kompleks ve bir çok alt sistemden oluşmuş olan sistemlerin bir bütün olarak ele alınmasını ve süreç boyunca disiplinler arası bir yaklaşım ile istek sahiplerinin ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlar. Bu bağlamda, kompleks bir sistem olan DAG 4m teleskobunun da dikkatlice oluşturulmuş bir sistem mimarisine ihtiyacı vardır ve bu da ancak sistem mühendisliği ile mümkündür. Bu çalışmada, DAG 4m teleskobu için şu ana kadar geçilmiş olan sistem mühendisliği süreçlerinden ve metodolojilerden bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: telescopes, Gözlemevleri, Teleskoplar, Aletler, Yazılım

1 Sistem Tanımı ve Sistem Mühendisliği

Sistem Mühendisliği'nin bakış açısı "sistemsel düşünmeyi (systems thinking)" baz almıştır. Sistemsel düşünme bakış açısı bize gerçekliğe, yani bütüne ve bu bütünün içindeki parçaların birbirleriyle arasında olan ilişkilere karşı olan farkındalığımızı güçlendirir. Sistem, farklı parçaların kendi başlarına elde edemeyeceği sonuçların birlikte davrandığında elde edilebildiği yapılardır. Bu farklı parçalar insan, donanım (hardware), yazılım (software), plan ve dökümanlar yani sistem seviyesinde sonuç elde etmek için gereken şeylerin hepsi olabilir (INCOSE 2015). Elde edilecek sonuçlar ise sistem seviyesindeki kalite değerleri, karakteristikler, fonksiyonlar, davranış ve performans olacaktır. Bu açıdan baktığımızda DAG oldukça fazla yazılımı olan, bir çok alt sistemden oluşmuş, heterojen ve dağıtık bir sistemdir.

Sistem Mühendisliği, karmaşık sistemlerin ya da bu sistemleri oluşturan alt sistemlerin tasarımını, üretimini ve bakımını, zaman ve maliyet kısıtlarını da göz önünde bulundurarak gerçekleştirme amacını taşır. Sistem Mühendisliği ilk başta sadece fiziksel parçalara uygulanmaktaydı. Ancak artık insanların dahi sistemin bir parçası olduğu, daha geniş bir alandan bahsedilmektedir. Kısacası sistem mühendisliği geniş, holistik (bütünsel) sistemler ve mühendislik süreçleri konseptini kavramaktadır.

Sistem Mühendisliği'nde iki farklı temel yaklaşım vardır; Top-Down ve Bottom-Up. En çok bilinen ve kullanılan Top-Down yaklaşımdır ve genelde yeni başlanan projenin başlangıcından itibaren uygulanır. Yüksek seviye soyutluktan, gerçekçi tasarım ve fiziksel uygulamalara geçilen süreçlerdir, ancak fiziksel gerçekliğinin bir garantisi yoktur. Bu yaklaşımda ilk başta isterler (requirements) ve sistem belirlenir, tasarım süreçlerinin her aşamasında bu isterlerin yerine geldiğinden emin olunur. Bottom-Up yaklaşım ise daha çok yenilenen sistemlere ait projelerde kullanılır. En alt seviyedeki parçalar ve nasıl birleştirilecekleri üzerine yoğunlaşarak belli performans değerlerinin elde edilip edilemediğine bakarak ve bunu tekrarlayarak kompleks sistem elde edilmeye doğru ilerlenir. Ancak fonksiyonel isterlerin ilk aşamada onaylanması neredeyse imkansızdır. En sonunda elde edilen isterler daha sonra tekrar top-down yaklaşımı ile analiz edilebilir ve olası tasarım değişikliklerinin var olup olmadığı irdelenebilir. Bunların dışında bir başka yaklaşım ise Middle-Out yaklaşım olarak bilinmekte-

dir. Bu yaklaşım daha çok projenin ortasında var olan sistemin iyileştirilmesinde kullanılır. Bu yaklaşımda ise genelde çeşitli operasyonel senaryolardan yararlanır. Operasyonel senaryolar sayesinde yüksek seviyedeki isterler oluşturulur ve daha sonra sistem ve parçaların tanımlanması için detaylarına inilir.

DAG'a kuralacak olan teleskop için isterlerimiz üç temel maddeden oluşmaktadır: 4 metrelik bir teleskop, Adaptif Optik sistemi ve yakın kırmızıöte bölgede gözlemler yapılması. Bunların dışında başka bir çok yardımcı isterlerimiz de mevcut; Nasmyth platformda aynı anda çoklu aygıt kullanabilmek, olabilecek maksimum mertebede otonomi, hem "Diffraction Limited (DL)" hem de "Seeing Limited (SL)" gözlem yapabilmek olanağı, "testbench" özelliklerine sahip olma ve olmazsa olmaz isterlerimizden bir diğeri de uluslararası çalışan bir gözlemevi olmak.

DAG gibi kompleks sistemlerde operasyonel öngürelere bulunmak oldukça zor olmaktadır. Ancak senaryo çeşitliliğini oluşturmak için simülasyonların kullanımının bizi doğru yola götürmesi beklenmektedir. Bunun dışında alternatif tasarım değerlendirmelerini yapmamız da kolaylaşacaktır. Projenin şu anki konumu için en önemlisi ise Sistem Mühendisliği aşamalarının üretim ve/veya tasarımı devam eden sistemlere kesinlik ve bilinirlik kazandıracak olmasıdır. DAG projesi her ne kadar başlangıç seviyesinde olmasa da, şu aşamada bile bu sistematığın bize kazandıracığı çok şey bulunmaktadır. Bu teleskobun kurulumu büyük bir yatırım sonucunda var olmaktadır ve bu da bize teleskop zamanının oldukça verimli kullanılması gerektiğini göstermektedir. Bir başka şekilde ifade etmek istersek; teknik ve çevresel etkilerin dışında sorunsuz çalışmasını istediğimiz bir teleskop kurulmaktadır.

2 Sistem Mühendisliği Süreçleri

Sistem Mühendisliği'nin işleyiş sürecini adım adım ele alacak olursak:

- Girdi (Input): Sistem Mühendisliği süreci **müşteri** (stakeholder) ihtiyaçlarının ve çözülmesi gereken problemlerin belirlenmesi ile başlar. DAG projesinde müşteri; Proje sorumluları, Operatörler, Teknik Yetkililer ve Test Bench ile ilişkili aktörlerdir.
- Sistem Özellikleri ve Tasarımı: Bu aşamada
 - Müşterinin ihtiyaçları **belirlenir** ve **analiz** edilir. Yani;
 - sistemin desteklenmesi amaçlanan **hedefler** belirlenir ve

* denizcoker@gmail.com

2. sistemin bu hedefleri ne kadar iyi desteklediğini değerlendirmek ve müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için gerekli olan **verimlilik ölçütleri** belirlenir.
- ii. Hedefler ve verimlilik ölçütleri ile uyumlu sistem **fonksiyonelliği, arayüzleri (interfaces)**, fiziksel ve performans özellikleri ve diğer **kalite (quality)** özellikleri belirlenir.
- c. Bileşen Tasarımı Uygulama ve Test: Paydaşın bize "high level" olarak tanımladığı fonksiyonellikler bu aşamada "low level" fonksiyonelliklere taşınır.
 - i. Sistem tasarımını bileşenlere bölerek gereksinimlerini karşılayacak **alternatif** çözümler sentezlenir.
 - ii. Sistem gereksinimlerini karşılayan ve verimlilik ölçümlerini en üst düzeye çıkaracak bir sistem çözümünü değerlendirmek ve seçmek için **analizler** yapılır.
- d. Sistem İntegrasyonu ve Test: İsterlerin (requirements) ve müşterinin ihtiyaçlarını ele alındığından emin olmak için sistemin hedeflerinden, sistem ve sistem bileşenlerine ait isterlerin ve verifikasyon sonuçlarına **takibi** sağlanır.
 - i. Alternatifler varsa hangisinin seçileceği ve neden bunun seçildiğinin dökümantasyonlarının oluşturulması ve hangi verilere bağlı olduğu belirtilir.
 - ii. Hangi teknolojinin seçileceği ve spesifikasyon isterlerinden hangisinin ihtiyaçları karşılayacağı seçilir
 - iii. Yapılan her adımın ve kararların takibi sağlanır.

3 MBSE ve SysML

MBSE yani Model Based Systems Engineering bir Sistem Mühendisliği metodudur. Domain modeller oluşturulur ve kullanılır. Bu sayede projeye ait spesifikasyon bilgilerinin yakalanması, analizi, paylaşımı ve idaresi kolaylaşmaktadır. Döküman üzerinden çalışılarak yürütülen klasik SM yönteminde elde bir çok döküman, spesifikasyon ve interface kontrol dökümanları, rapor ve analizler gibi belgeler bulunmaktadır. Tüm bunların takibini yapmak ve dökümanlar arası senkronizasyonu sağlamak oldukça zordur ki bu da işin doğru, tam ve tutumlu bir şekilde ilerlememesine neden olabilmektedir.

SM çalışmalarına Eclipse IDE'sinin "modelling" eklentilerinden biri olan Papyrus kullanılarak başlandı. MBSE'nin en güzel özelliklerinden biri de çalıştırılabilir (executable) olması, simülasyonların yapılabilmesi ve bu şekilde operasyonel ve maintenance etkilerinin görülebilmesidir. Bu da sorunların var olduğu durumlarda tespit aşamasının çok daha kolay gerçekleşmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca iterasyonlar modele anında işlenebildiğinden dolayı modelle birlikte gelişim de sağlanabilmekte ve tasarım iyileştirilebilmektedir. Tüm bunların dışında mühendislik tasarımları ve yazılımlarıyla entegre olabilmektedir. Bu yaklaşım döküman gibi olmayıp görselliğin sağlanması neticesinde "görelili" olarak daha anlaşılırdır. Özellikle de uzak ve yüz yüze görüşme imkanının kısıtlı olduğu çalışma takımlarında bu özellik çok daha önem kazanmaktadır. İster (requirement) takibi ve sistem analizi/geçerliliği (system analysis/validation) tespitlerinin çok daha kolay yapılabilmesi de bir başka önemli özelliğidir.

SysML yani System Modeling Language ise SM çalışmalarında kullanılan grafiksel bir dildir. Model elemanları bakımından zengindir. Dokuz farklı çeşit diagramı vardır. Bun-

lar: Block Definition Diyagramı, Internal Block Diyagramı, Package Diyagramı, Use Case Diyagramı, Requirement Diyagramı, Activity Diyagramı, Sequence Diyagramı, State Machine Diyagramı ve Parametric Diyagramıdır. (Weilkiens 2007).

Ayrıca oluşturulan model için farklı görünüm (views) oluşturulabilir (Friedenthal vd. 2008). İsterseniz bir bakış açısı (viewpoint) için modelinizde ki bazı şeylerin görünmesi engellenerek müşteri (stakeholder) için bir view oluşturulabilmektedir. Bunun yapılması hiç bir şekilde veri kaybına neden olmamakta, sadece anlaşılır bir yazı veya görselliği sağlamaktadır. SysML bir OMG (Object Management Group) standırdına sahip bir UML (Unified Modeling Language) profilidir. Yani bir kütüphane değildir.

Dikkat çekilmesi gereken bir diğer konu ise SysML'in bir metod olmadığıdır. Farklı gruplar tarafından geliştirilmiş farklı metodolojiler bulunmaktadır. Bunlardan biri Object-Oriented (OO) bir metodoloji olan OOSEM yani INCOSE's Object-Oriented Systems Engineering Method'u olarak da bilinmektedir. Bu metod daha çok bir sistemin genel olarak nasıl çalıştığını gösterecek **use-caseleri** ve gerçek hayattaki rutin operasyonları veya arızalı işleyişlerini gösterecek **senaryoları** merkezine almaktadır. Bu sayede fonksiyonel parçaların ilişkilerine yoğunlaşılması sağlanmaktadır. Bunun dışında Object Constraint Language (OCL) ile çalıştırılabilir modelleme yapılabilmektedir. End-model analizleri için ise standart (XML) çıktıları üretilebilmektedir.

Sonuç olarak SysML ve MBSE sayesinde:

- a. Çalıştırılabilir bir model elde edebilmekte (ayrıca simülasyon imkanı da mevcut),
- b. Benzer sınıfta bir teleskop için bir profil ve kütüphaneler oluşturabilmekte (Karban vd. 2018),
- c. Verimli bir operasyonel Model elde etme imkanı sağlanmakta,
- d. Bitmiş ve tasarım aşamasındaki sistemler için prosedürlerin tanımlamalarını oluşturabilmekte,
- e. Resmi dökümantasyonlar otomatik olarak oluşmakta,
- f. Odak düzlemi aletleri ile entegrasyon ve denetleme kolaylığını sağlanmaktadır.

4 DAG Projesi Sistem Mühendisliği

4.1 Mevcut Durum

Bu çalışmaya, aktif optikli (aO) ince bir aynaya sahip teleskop (AMOS 2016), adaptif optik (AO) düşünülerek tasarlanmış (OPAM 2018), yakın kızılöte özelliği olan ve döner çatı'lı bir sistemin (EIE 2016), sistem seviyesi (high-level) spesifikasyonları ve bu spesifikasyonlara uygun hazırlanmış tasarımı ile başlanmıştır. Bahsedilen bu sistemlerin Interfaceleri, Interface Control Dokümanlarında tanımlanmıştır. Fonksiyonel Domainler ve fiziksel karşılıkları "Genel Amaçlı" bir 4 metre teleskop için zaten kabaca belli olmakla birlikte sistem içinde konumları, performans ve operasyonel gereksinimleri belirsizdir. Tasarım olarak, en azından bir Nasmyth platformu için AO merkezli olacağından, düşük görüş alanlı teorik bir Odak Düzlemi Aygıt'lı olacağını bilmekteyiz. Öncelikli olarak "Scope of Work" ve "Systems Engineering Process Plan" oluşturulmaya başlandı. Kullanmak istediğimiz dil, araç ve metodolojiyi seçildi, aktörlerimiz belirlendi (proje sorumluları, teknik yetkililer ve uluslararası bir gözlemevi/testbench olacağımızdan dolayı bu konuya ilişkin diğer kişiler).

Şu anda mevcut tasarımın gereksinimlerini (DAG 2014),

gerçekleştirilebilmesi ve dökümantasyonların da bu yolda otomatik olarak oluşturabilecek olması büyük projelerde verimliliği ve kaliteyi arttırmaktadır.

Ancak tüm bunların dışında bazı dezavantajları da göz ardı etmememiz gerekir. MBSE ve SysML için öğrenme ve bir deneyim edinme sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca bu öğrenme süreci, takım çalışmasını ve modelin güncel ilerlemesini de güçlendirmektedir. Pek tabii ki bir takım içinde herkesten UML/SysML öğrenmesini beklemek çok da gerçekçi değildir. Bu sorunun dışında MBSE'den maksimum fayda sağlamak için SM yaşam döngüsünün de iyi planlanması gerekmektedir. Tüm bunlara ek olarak evrimsel sistemi de her açıdan modellemeye çalışmak büyük bir hata olacaktır. Burada önemli olan sade ve yeteri kadar modellemenin yapılmasıdır ki bu da isterleri (requirements) baz alarak yapılmasıyla olacaktır.

Kaynaklar

- Weilkiens, T.: Systems engineering with SysML/UML: modeling, analysis, design. Elsevier/Morgan Kaufmann (Amsterdam) (2007)
- Friedenthal, S., Moore, A., Steiner R.: A Practical Guide to SysML: The Systems Modeling Language Elsevier/Morgan Kaufmann (Amsterdam) (2008)
- DAG: Technical Specification - General Technical Requirements for Structures and Mechanisms Official DAG Documentation (2014)
- International Council of Systems Engineering: Systems Engineering Handbook: A Guide for System LifeCycle Processes and Activities, 4th Edition. INCOSE-TP-2003-002-04, Wiley (San Diego, CA, US) (2015)
- AMOS: DAG 4m Telescope - active Optics Control System Design Report. Official DAG Documentation (2016)
- EIE: DAG Project Rotating Enclosure - Control System Design Report Official DAG Documentation (2016)
- EIE: DAG 4m Telescope - Control System Design Report Official DAG Documentation (2016)
- Karban, R., Crawford, A.G., Trancho, G., Zamparelli, M., Herzig, S., Gomes, I., Piette, M., Brower, E.: The OpenSE Cookbook: a practical, recipe based collection of patterns, procedures, and best practices for executable systems engineering for the Thirty Meter Telescope. Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series (2018)
- OPAM ve Heig-VD: Adaptive Optics System for the Eastern Anatolian Observatory (DAG) - Final Design Report Official DAG Documentation (2018)
- OPAM ve Heig-VD: Optical K-mirror derotator for the adaptive optics Nasmyth platforms of the Eastern Anatolian Observatory (DAG) - Final Design Report Official DAG Documentation (2018)

Erişim:

O51-1000: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).