

Otomotiv Sanayisinde Bilgisayar Destekli Mühendislik Uygulamaları

Ender Koç¹

1. GİRİŞ

Bilgisayar destekli mühendislik, ürün geliştirme sürecinin vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. İlk pratik uygulamaları, 1970'li yıllarda havacılık ve uzay sanayinde görülmeye başlanmıştır. Bir süre sonra otomotiv sanayisi bu mühendislik araçlarını keşfetmiş ve günümüzde yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu otomotiv sanayisi tarafından yapılır duruma gelmiştir. Bu yazıda, bilgisayar destekli mühendislik uygulamalarına, tasarım doğrulama amacı ile yapılan analiz ve simülasyon çalışmalarının otomotiv sanayisindeki yerine ve önemine değinilecektir.

2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ MÜHENDİSLİK

BDM², en geniş anlamda, mühendislik çalışmalarının, bilgisayar yazılımları yardımı ile sanal ortamda gerçekleştirilmesi, tasarımların sanal ortamda test edilmesi ve tasarım doğrulama çalışmalarının sanal ortamda yapılmasıdır.

2.1 Simülasyon ve Analiz

Simülasyon, bir sistemin bilgisayarda modellenmesi ile nasıl çalıştığına incelenmesidir. Simülasyon modelindeki parametreler ve elemanlar değiştirilerek, sistemin davranışı hakkında tahminler yapılabilir [1]. Bir aracın süspansiyon sistemi mekanik sistem simülasyonu yazılımlarında yay ve damper elemanları kullanılarak modellenilebilir. Böylece basitçe yay ve damper değerinin değiştirilmesi ile tüm aracın dinamiğinin nasıl etkilendiği, yani aracın yol tutuş karakteristiği incelenebilmektedir.

Analiz ise kompleks bir yapının, daha iyi tanınması, anlaşılabilmesi için küçük parçalara ayrılıp, incelenmesidir [2]. Sonlu elemanlar analizi (SEA), bir yapının eleman de-

nilen küçük parçalara bölünmesi ve yaklaşık fonksiyonlarla tüm sistemin çözülmesi yöntemidir. Katı mekaniği, sıvı mekaniği, akustik, elektromanyetik ve ısı transferi gibi farklı disiplinlerdeki mühendislik problemlerini çözmek için kullanılır.

Sanal ortamda analiz ve simülasyon çalışmaları, tasarım süresince yapılan sanal testleri ve optimizasyon çalışmalarını içermektedir. Bu analizler "mekanizma çalışır mı?", "bu parçaya gelen yükler nelerdir?", "yapı bu yüklerle dayanır mı?", "yapının ömrü nedir?", "sistem yeterince güvenli mi?", "sistem yeterince konforlu mu?", "gürültü seviyeleri regülasyonlara uygun mu?" gibi soruların cevaplarını vermektedir. BDM ile henüz tasarım aşamasında, fiziksel bir prototip üretmeden, ürünü belirli bir güvenilirlikte incelemek ve test etmek mümkündür.

2.2 Otomotiv Sanayisinde Bilgisayar Destekli Mühendislik

Daha hafif, daha dayanıklı, daha sessiz ve daha yakıt verimli araçlar üretmek hedefinde olan otomotiv sanayisi, BDM çözümlerini ilk kullanan sanayilerden biri olmanın yanında, günümüzde en yaygın kullanan sanayidir. Yaygınlaşmaya başlayan elektrikli araçlarda çözülmesi gereken mühendislik problemleri, analiz ve simülasyon gereksinimlerini arttırmaktadır. Her firma, pazara, en iyi aracı en kısa sürede sunma telaşındadır. 2016 yılında BDM pazarının %33'ü otomotiv sanayi kullanıcılarından oluşmaktadır [3].

Firmalar, simülasyonları, tasarım sürecinde mümkün olduğunca öne çekmeye çalışıyorlar. Tasarımı erken aşamada doğrulamak ve problemleri erken tespit etmek, tasarım çevrim ve deneme sayılarını azaltmaktadır. Bu da

¹ Bias Mühendislik, İYTE İnovasyon, İzmir - ekoc@bias.com.tr

² Bilgisayarlı Destekli Mühendislik veya Computer Aided Engineering (CAE)

prototip sayısını ve fiziksel test sayısını azaltmaktadır. Dolayısıyla tasarım süreci hem daha kısa sürmekte, hem de maliyeti daha az olmaktadır.

BDM çözümlerinin çok farklı disiplinlerde uygulama alanları vardır. Bu uygulamalar bir boyutlu, üç boyutlu veya yapısal, akışkanlar, elektromanyetik ve ısı gibi farklı şekillerde kategorize edilebilir. Her nasıl kategorize edilirse edilsin, sonuçta bu çözümler, aynı amaç için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Otomotiv sanayinde yapılan analiz ve simülasyonlardan bazıları şu sırayla verilebilir:

- Çarpışma Analizleri,
- Direngenlik/Katılık Analizleri,
- Gürültü Titreşim Analizleri (NVH),
- Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizleri (HAD)³,
- Havalandırma Konforu Analizleri,
- Havalandırma Sistemi Performans Simülasyonları,
- Yorulma Hesaplamaları ve Ömür Tahmini Analizleri,
- Araç Dinamiği Analizleri,
- En İyileme (Optimizasyon) Analizleri,
- Mekanik Sistem Simülasyonları, Mekanizma (Ör. Süspansiyon, Aktarma Organları) Analizleri,
- Bir ve Üç Boyutlu Sistem Simülasyonları,
- Motor İçi Yanma Analizleri, Yakıt/Performans Analizleri,

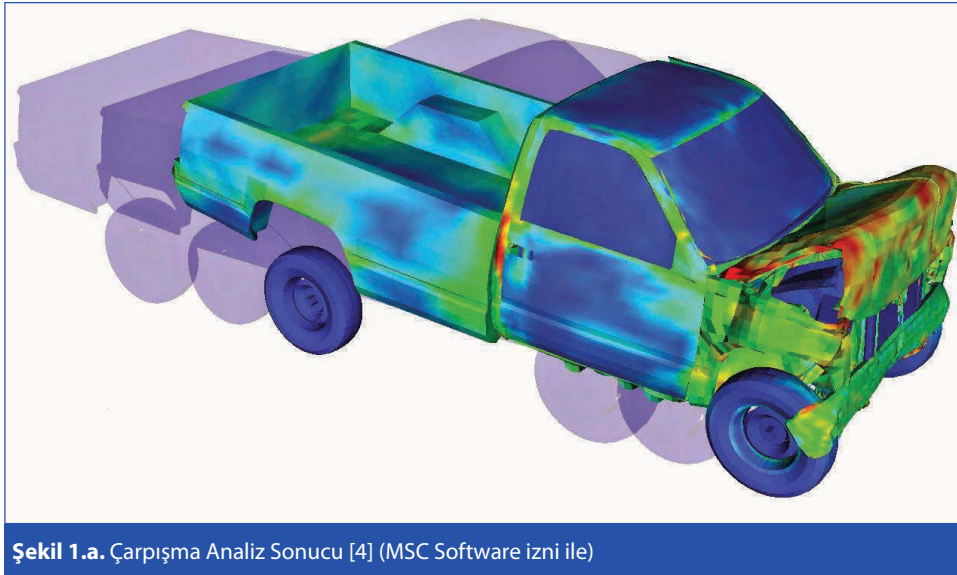
- Termal Dayanıklılık Analizleri,
- Akustik Analizler, Gürültü Seviyesi Tespiti, Ses Yutum Performansı Hesaplamaları,
- İmalat Simülasyonları,
- Kompozit Malzeme Analizleri (Mikro ve Makro Seviye Modelleme).

Aşağıda ise sadece bazı simülasyon/analiz çalışmalarından örnekler verilmiştir.

2.2.1 Çarpışma Analizleri

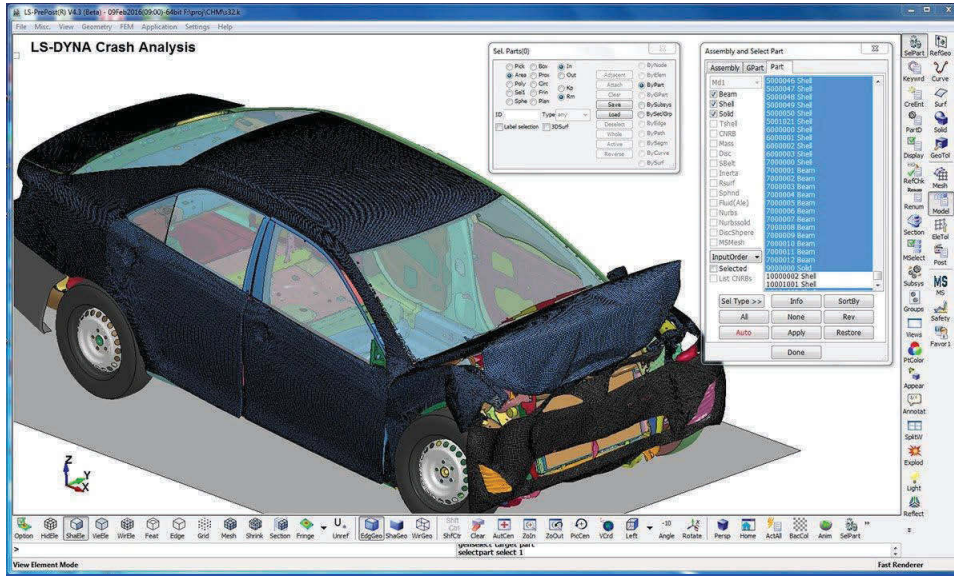
Araç çarpışma analizleri, otomotiv sanayisinde en bilinen uygulamaların başında gelmektedir. Çarpışma analizlerinde araçların, çarpışma sırasındaki davranışları hesaplanmaktadır. Analizler sonucunda gerekli görülen tasarım değişiklikleri, fiziksel testlerden önce yapılabilmektedir. Bu testlerin ne kadar maliyetli olduğu aşikârdır.

Çarpışma analiz veya testlerindeki gereksinimler, değişik çarpışma senaryoları (duvara çarpma, yandan çarpma gibi) için regülasyonlarla belirlenmiştir. Her ülkenin kendine has düzenlemeleri vardır. ABD'nin çarpışma yönetmelik gereksinimleri ile Avrupa'ninkiler farklılıklar göstermektedir. Temel olarak hedef, çarpışma sırasında belirli seviyede enerjinin araç tarafından emilmesi ve yolcuya zarar gelmemesidir. Tipik bir çarpışma analiz sonucu aşağıda gösterilmiştir.

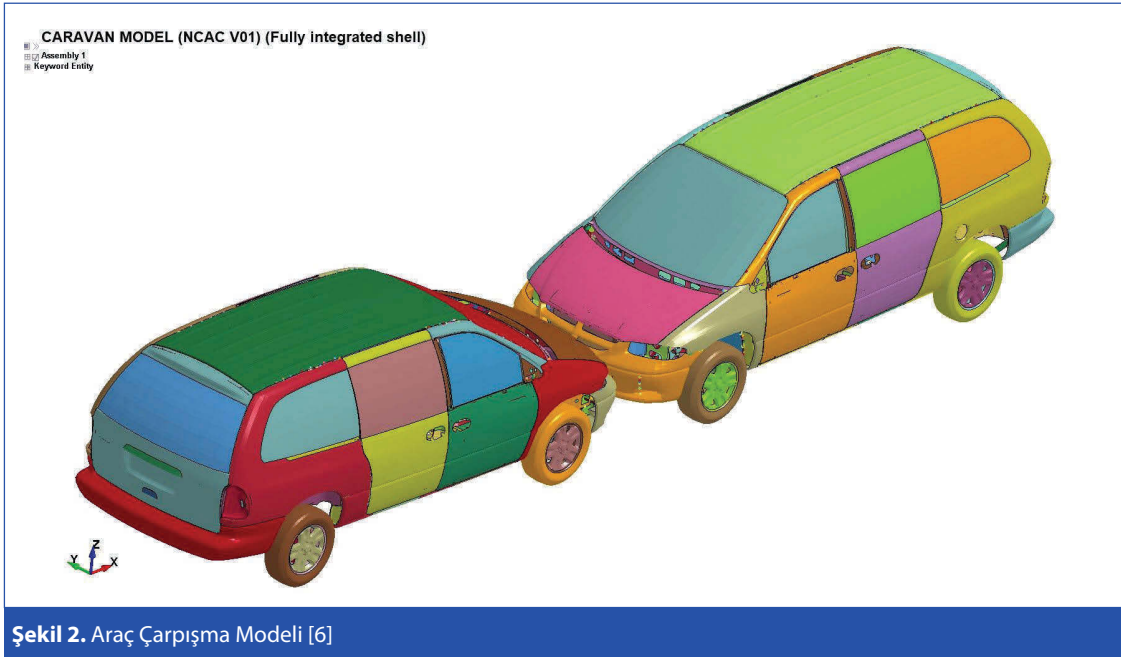


Şekil 1.a. Çarpışma Analiz Sonucu [4] (MSC Software izni ile)

³ CFD (Computational Fluid Dynamics)



Şekil 1.b. Çarpışma Analiz Modeli ve Sonucu [5] (LSTC izni ile)



Şekil 2. Araç Çarpışma Modeli [6]

Çarpışma analizi için bir araç modellemesi, uzman bir ekip tarafından 1-2 ay kadar zaman alabilmektedir. Model hazırlandıktan sonra çarpışma analizleri, iş istasyonlarında 20 saat civarında sürebilir. Çok güçlü bilgisayarlar ve yazılımlarla bu süreler çok daha azaltılabilir. Örnek olarak aşağıda resmi verilen araç çarpışma simülasyonu 32 CPU'da yaklaşık 6 saat sürmüştür. Bu modelde, 10,3 milyon düğüm noktası ve 10,5 milyon eleman vardır [6].

Günümüzde çarpışma analizlerinde, sürücü ve yolcular için, sanal mankenler (dummy) kullanılmaktadır. Bu mankenler, çocuk, erkek, kadın ve farklı ağırlıklarda olabilmektedir ve çarpışma sırasında insanın nasıl davranacağı konusunda fikir vermektedir. İnsan boynuna gelen ivme değerleri hesaplanabilmektedir. Çarpışma analizlerinde hava yastıkları da araç modeline eklenmektedir. Hava yastıklarındaki çok kısa sürede olan, ufak çaptaki patlama olayı da analize dahil edilebilir.

2.2.2 Direngenlik ve Katılık Analizleri

Araçların maruz kalacağı yükler altında, yeterince mukavim olması beklenir. Eğilme ve burulma yükleri buna bir örnektir. Aracın burulma ve eğilme yükleri altında ne kadar deformasyon yapacağı hesaplanır ve bu direngenlik veya katılık değerleri hesaplanır. Bir araçta katılık değeri ne kadar yüksek olursa, araç, o kadar mukavim olur, ancak o mertebede de ağır olur. Dolayısıyla optimum bir değer yakalanmaya çalışılır.

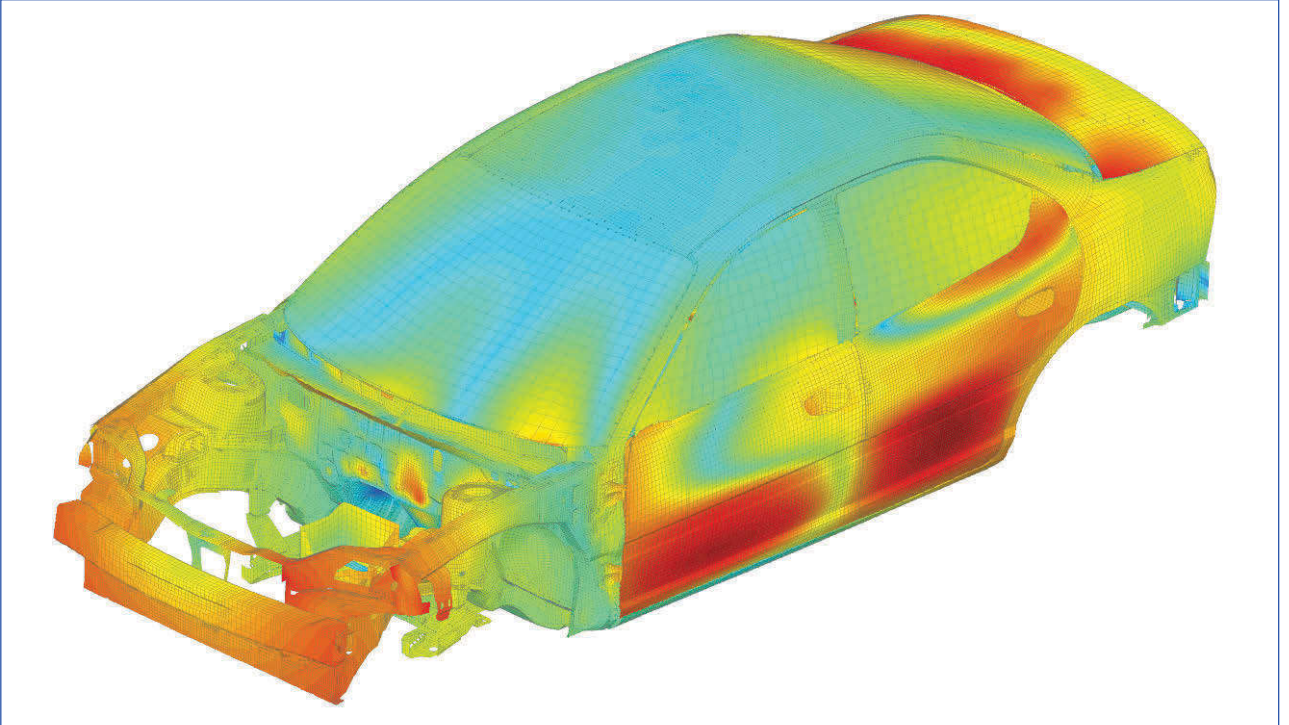
Bir aracın uzun ömürlü olması ve garanti süresince maliyetlerinin minimumda olması oldukça önemlidir. Dayanıklılık analizlerinin yapılabilmesi için malzeme bilgisi, gerilme analizleri ve yükleme senaryolarının elde edilmesi gerekmektedir. Yükleme senaryolarının, yol ve hava şartlarına ve sürücü farklılıklarına göre değişiklik göstereceği ve dolayısıyla neredeyse sonsuz sayıda olduğu düşünülebilir ve firmaların kendi bilgi birikimleridir. Parçaların yorulma ömrünün hesaplanabilmesi için üzerindeki yüklerin büyüklüğü ve zamanla değişiminin elde edilmesi gereklidir. Süspansiyon, direksiyon sistemi ve aktarma organlarındaki kuvvet-zaman eğrisini tespit etmek kolay değildir. Prototip araç varsa test ile, yok ise mekanik sistem simülasyonları ile tespit edilmeye çalışılır.

2.2.3 Gürültü-Titreşim (NVH) Analizleri

NVH⁴, araçlardaki gürültü ve titreşim seviyelerini ve bunların yarattığı konforu tanımlar. Gürültü (N) ve titreşim (V) ölçülebilen parametrelerdir, ancak rahatsızlık "Harshness" subjektiftir ve ölçülemez.

NVH çalışmaları için, araçdaki farklı parçaları ve farklı fiziksel disiplinleri bir arada düşünmek gerekir. En önemli konulardan biri, araç içi gürültü seviyesidir. Bir araçta değişik ses kaynakları mevcuttur – lastik, transmisyon, motor, dış hava akışı vb. Bu kaynaklardan oluşan ses, araç üzerinde ve araç içindeki havada yayılarak sürücü ve yolcuya ulaşıp, rahatsızlık verebilir. Akustik analizler, araç içindeki yolcuların maruz kalacağı gürültü seviyelerini hesaplamakta kullanılır. Bu hesaplama, aracın yapısal modelinin ve araç içindeki havanın CFD çözümünün bütünleşik olarak birlikte çözülmesi ile mümkün olur. Ses yutucu koltuk, halı ve akustik astarlar da modele eklenebilir.

Bir araçtaki temel titreşim kaynakları motor ve yol düzensizlikleridir. Titreşim analizleri ile aracın doğal frekansları tespit edilir ve titreşim kaynaklarının yapının doğal frekansları ile çakışıp, çakışmadığı kontrol edilir. Çakışan fre-



Şekil 3. Bir Aracın Akustik Analiz Sonucu [4]

⁴ Noise, Vibration, Harshness

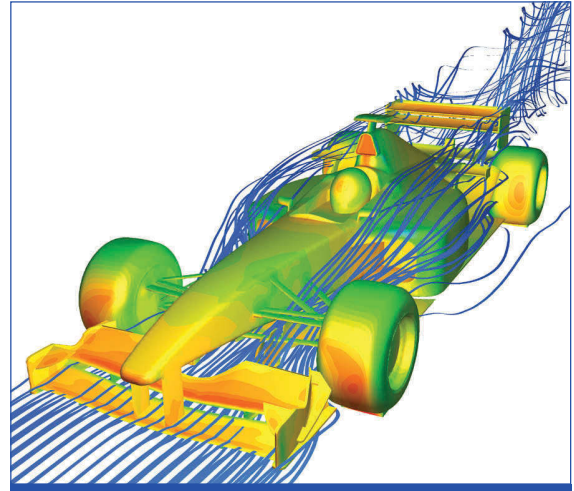
kans değerlerinde istenmeyen, aşırı titreşimler olacaktır. Frekans cevap analizleri ile de, frekans düzleminde aracın vereceği titreşim cevabı hesaplanır. Bu çalışmalar sonucunda uygun motor takozu, burçlar gibi sönümleyici elemanlar seçilir.

2.3.4 Motor ve Aktarma Organları Analizleri

Araç içindeki en karmaşık yapı belki de motor ve aktarma organıdır ve analiz etmek oldukça zordur. Motor, içerisinde yanmanın gerçekleştiği, yüksek sıcaklık ve basınçların olduğu, oldukça dinamik bir yapıdır. Dolayısıyla analizi sırasında dinamik etkiler ve sıcaklıklar göz önünde bulundurulur, termal, yanma, yapısal ve akışkan dinamiği disiplinleri birlikte çözümlenir.

2.3.5 HAD Analizleri

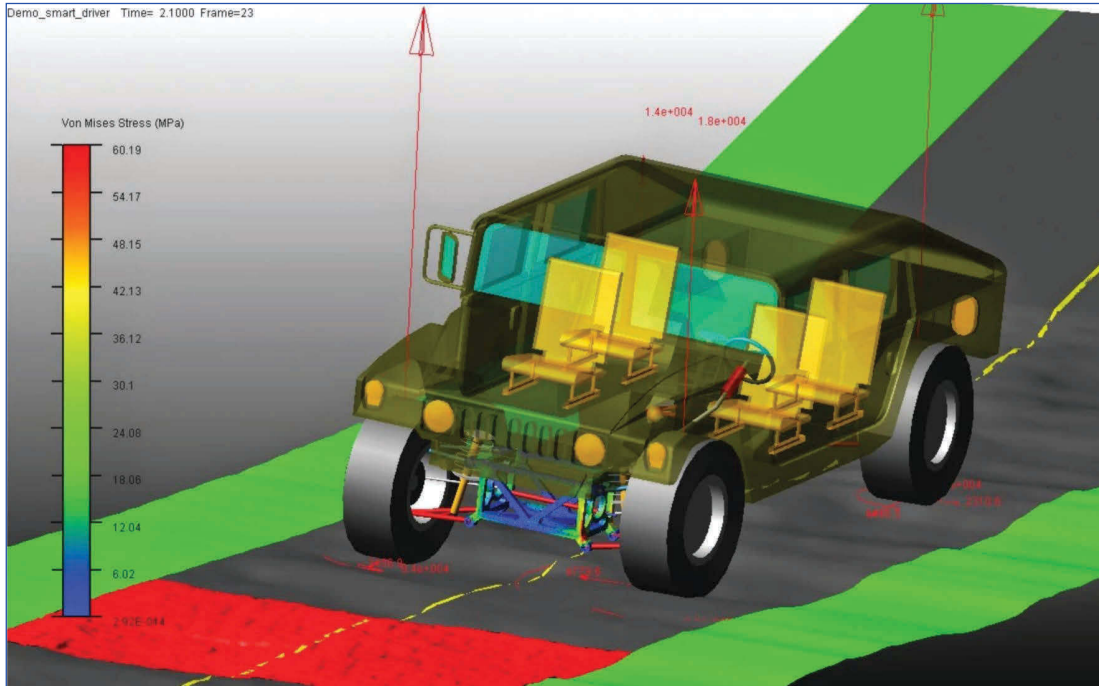
Otomotivde HAD analizleri, aerodinamik, akış hızı, basınç düşüşü, ısı analizleri (soğuma, buğu çözme, iklimlendirme), motor yanma ve egzoz sistemindeki gibi akış problemlerinde kullanılır. HAD analizleri uzun süren analizlerdir ve genellikle çok işlemcili bilgisayarlar gerektirir. Akış içeren sistemlerin testlerini yapmak zor ve maliyetlidir. Bu sebepten HAD analizleri testlerin gereksinimlerini azaltmak için elzemdir.



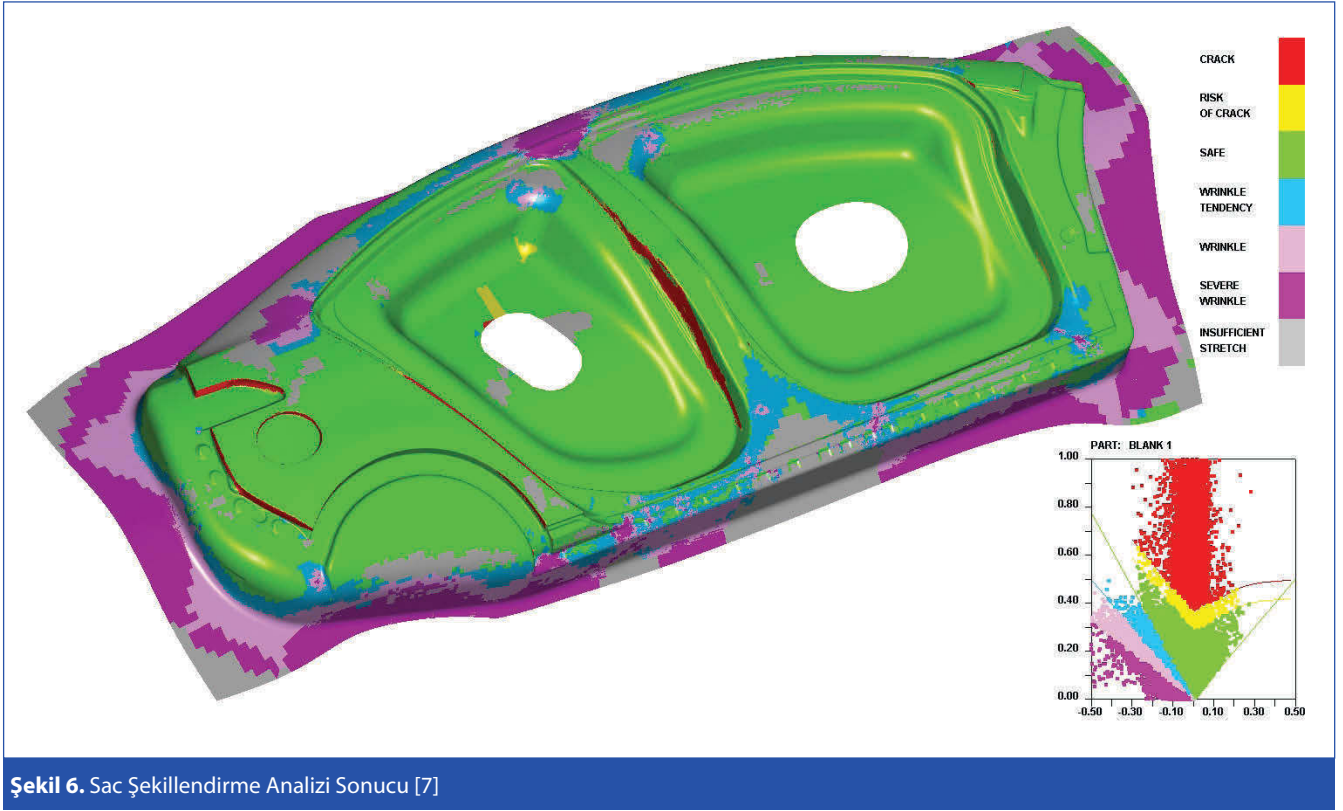
Şekil 4. Formula 1 Aracı HAD Aerodinamik Analizi [4]

2.2.6 Araç Dinamiği Analizleri

Araç dinamiği analizleri ile bir aracın, yol şartlarına bağlı olarak, sürücünün verdiği girdilere nasıl cevap vereceği hesaplanır. Bu çalışmalar kavramsal tasarım aşamasından başlanarak yapılır. Süspansiyon sistemi, fren sistemi, ağırlık dağılımı, aktarma organları ve lastik özellikleri analizlere dahil edilip, etkileri incelenir. Aşağıdaki şekilde bir araç dinamiği modeli gösterilmiştir.



Şekil 5. Tüm Araç Dinamiği Modeli, Lastiklerdeki Kuvvetlerin Hesaplanması [4]



Şekil 6. Sac Şekillendirme Analizi Sonucu [7]

Araç dinamiği modelleri, daha gerçekçi sonuçlar için esnek yapılardan oluşturulabilir ve kontrol algoritmaları ile entegre çalıştırılabilir. Böylece ABS gibi sistemlerin modellenmesi mümkün olur. Araç modeli sanal ortamda, yolda sürülüp, süspansiyon parçalarına gelen yükler (kuvvet, ivme vb) hesaplanabilir. Ek olarak, modeldeki bazı kritik parçalar esnek modellenip, araç yolda giderken, bu parçalar üzerinde gerilme hesaplaması yapılabilmektedir.

2.2.7 İmalat Simülasyonları

Otomotiv sanayisi başta olmak üzere, analiz ve simülasyonlar imalat sürecinin iyileştirilmesi için de kullanılabilir. Sac şekillendirme ve dövme simülasyonları en sık kullanılan imalat simülasyonlarıdır. Otomotivde sac parçalar sıklıkla kullanılmaktadır ve bu saclar çok farklı şekillerde olabilmektedir. Analizler ile "sac bu kalıpta nasıl şekil alır?", "geri yaylanma ne kadar olur?", "kalıp üzerindeki yükler ne kadardır?", "ne kadar büyük bir prese ihtiyaç vardır?", "sac yırtılır mı, buruşur mu?" sorularına cevap bulunabilir. Aşağıdaki şekilde sanal ortamda şekillendirilmiş sac ve yırtılma ihtimali olan yerler (kırmızı renk ile) tespit edilmiştir.

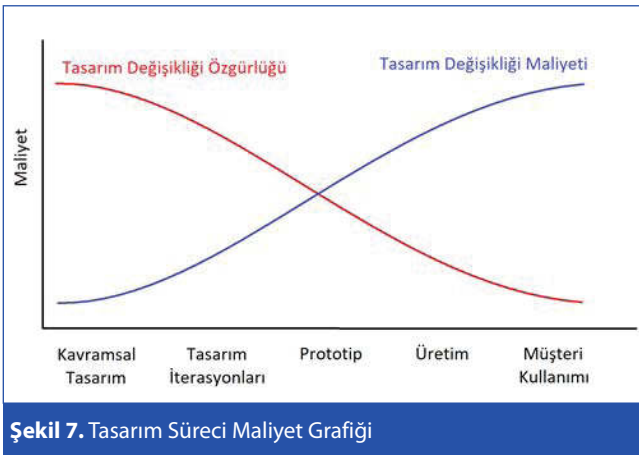
Son zamanlarda özellikle çarpışma analizleri, sac şekillendirme simülasyonlarının sonuçları kullanılarak yapılır. Yani çarpışma analizine dahil edilecek sac parçaları, şekillendirilmiş olup, üzerlerinde kalıntı gerilmeler mevcuttur. Bu da çarpışma analizlerinin gerçeğe daha yakın olmasını sağlamaktadır.

Mekanik bağlantı elemanlarının ve birleştirme yöntemlerinin analizlerini de yapmak mümkündür. Punto kaynağı, lazer kaynağı, cıvata bağlantısı, perçinleme, perçinli çivileme (clinch) analizleri ile yapılan bağlantının yeterince iyi olup olmadığı sanal ortamda test edilebilir. Punto kaynaklarının sayısının ve yerleşimlerinin optimizasyonu da bir analiz konusudur ve firmalar maliyetleri düşürmek için bu konuda da çaba harcamaktadırlar.

3. ERKEN SAFHADA ANALİZİN ÖNEMİ

Müşteriler daha ucuz, daha hafif, daha hızlı, daha güçlü ve aynı zamanda şık görünen ürünler talep ediyorlar. Bu istekleri karşılamak için analizler, tasarım geliştirme süreçlerine erken safhalarda dâhil edilmektedir.

Analizlerin, kavramsal tasarım aşamasında başlaması ve tasarım olgunlaşırken, tasarıma yön vermesi gerekmektedir. Aksi takdirde tasarımın ilerleyen aşamalarında analiz sonuçlarına göre, tasarım değişikliği çok daha maliyetli olacaktır, ürünün pazara çıkmasında gecikmeler yaşanacaktır. Bazı analizlerin tasarımın tamamlanmasından sonra yapılması zorunludur, ancak mümkün olduğunca erken yapılması geliştirme maliyetleri açısından son derece önemlidir. Aşağıdaki şekilde tasarımın ilerleyen aşamalarında, tasarım değişikliğinin ne kadar maliyetli olduğu gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 7. Tasarım Süreci Maliyet Grafiği

Temel bazı analizlerin kavramsal tasarım aşamasında yapılması, analizlerin tasarımcılar tarafından yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bunun için, mühendislik çözümleri hem CAD programlarının altından çalışır duruma gelmiş, hem de kullanımı giderek basitleştirilmiştir. Ancak tüm analizlerin tasarımcılar tarafından yapılması olası ve uygulanabilir değildir. Analiz konusunda uzmanlaşmış yazılım ve insan kaynağına her zaman ihtiyaç duyulacaktır.

4. SİMÜLASYON VE TEST

Simülasyonlar, gerçek dünyanın benzetimi ve incelenmesi konusunda en efektif, hızlı ve ucuz yöntemdir. Ancak simülasyon ve analiz modellerinin doğruluğundan emin olmak için de model doğrulama testlerinin yapılması ayrıca önem arz etmektedir.

Gerçekte test edilmesi zor veya çok pahalı sistemler, simülasyon ve analizlerle bilgisayar ortamında test edilebilir. Örnek olarak çarpışma testleri yapılması mümkündür, ancak bunlar pahalı testlerdir.

Analizlerde varsayımlar yapılır ve analizlerin doğruluğu bu varsayımların doğruluğuna bağlıdır. Simülasyon modelleri ve analiz sonuçları testlerle doğrulanmalıdır. Test edilmesi kolay durumların analizleri yapıp model ve varsayımlar doğrulandıktan sonra, daha zor durumlar ve farklı senaryolar sanal ortamda analiz edilip fiziksel test maliyet ve sayıları azaltılabilir.

Simülasyonların, testlerin yerini alacağı yönünde bir kanı vardır. Ancak bu, en azından günümüzde pek de mümkün değildir. Simülasyonların testlerin sayısını ve maliyetini azaltmak için kullanılması daha uygundur.

5. SİMÜLASYON DÜNYASINDAKİ YENİ TEKNOLOJİLER

Simülasyon ve analiz çalışmaları her sene yaklaşık %8,5 oranında artış göstermektedir ve bu konudaki AR-GE çalışmalarına da kayda değer miktarda yatırım yapılmaktadır [8]. Yeni teknolojiler çıkmakta ve kendisine uygulama alanları bulmaktadır.

5.1 Bulut Hesaplama

Donanımların güçlenmesi, çözümlerin daha hızlı olmasının yanında, simülasyon modellerinin daha kompleks, daha detaylı ve çok disiplinli (mekanik+ısı+akustik vb) olmasını sağlamıştır. Ancak her firmanın süper-bilgisayarlara sahip olması ve o sistemi ayakta tutmaya çalışması kolay değildir. Bu noktada çözüm, bulut hesaplama olabilir.

Bazı mühendislik çözümleri günümüzde buluta taşınmıştır, böylece en yeni hesaplama gücü, yazılımların en güncel sürümleri, verilerin saklanması ve veri güvenliği konularına erişim sağlanabilmektedir. Bulut hesaplamasındaki en güzel noktalardan biri de kullanılacak yazılıma sahip olmaya gerek olmamasıdır. Sadece kullanıldığı kadar ödeme yöntemi ile yazılım maliyetleri de düşürülmektedir. Ancak simülasyon sonuçları ve model dosyalarının transferi, hâlâ sorunlar içeren bir konudur.

5.2 Gelecek Teknolojiler

Zaman içinde donanımların çok daha güçlü duruma gelecekleri aşikârdır. Bunun yanında yazılımlarda da gelişmeler devam edecek ve farklı çözüm metodları (meshless metodlar ve voxel-tabanlı çözümler) kullanılmaya başla-

nacaktır. Yeni kullanıcı arayüzleri⁵ görmek mümkün olacak. Bu kullanıcı arayüz programları ile farklı disiplinlerdeki çözücülere erişim mümkün olacak. Ayrıca bu farklı disiplinlerdeki çözücüler de aynı anda çalışarak, birbirlerine veri alışverişinde bulunarak kompleks problemleri çözebilir duruma gelecekler. Örneğin, bir mekanizmanın çalışması sırasında ortaya çıkan gürültünün hesaplanması veya arabadaki ABS sistemindeki kontrol algoritmasının, bir fren sistemindeki mekanizmanın bir parçası olarak analiz edilmesi günümüzde mümkündür. Yakın zamanda da simülasyon ve analizler daha fazla, farklı disiplini kapsayacak duruma gelecekler.

Gelecekte lisans satın almak yerine “kullandıkça öde” modeline geçiş olacak gibi görünüyor. Ayrıca yazılıma sahip olmak yerine, akıllı telefonlardaki gibi üye olma şeklinde kullanımlar artacak.

Son zamanlarda sık duyulmaya başlanan nümerik ikiz⁶ daha da yaygınlaşacak ve her ürün için konuşulur olacak. Gerçek dünyada çalışan ürünlerin her noktasına farklı duyarlar (sensor) yerleştirilecek ve duyarlardan gelen veriler, merkezi bir yerde toparlanacak. Bu veriler, ürün geliştirme, iyileştirme ve karar verme mekanizmalarında kullanılabilir duruma gelecek, ürünlerin analiz ve simülasyonlarında sınır koşulu olarak kullanılıp, ürünlerin en iyileme çalışmalarına daha hassas girdiler olarak kullanılacak ve ömür hesaplamaları daha hassas yapılacaktır.

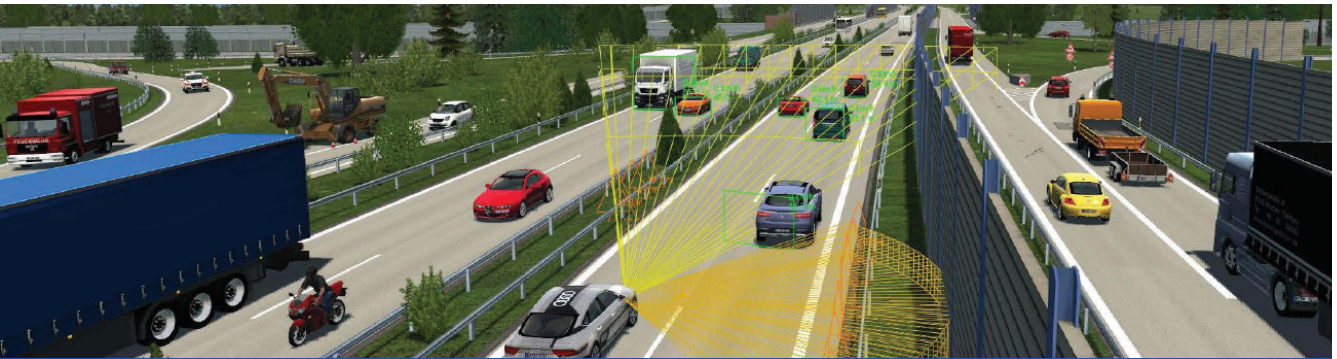
Gelecekte bahsederken, üç boyutlu yazıcılar ile eklemeli

li imalattan⁷ bahsetmemek olmaz. Seri imalatta olmasa bile, prototip aşamasında kesinlikle çoklukla kullanılacak olan eklemeli imalat yöntemlerinde de analizlerin kullanılması günümüzde mümkün. Hem metal hem de lastik bazlı malzemeler ile yapılan eklemeli imalatın sanal ortamda gerçekleştirilmesi mümkün. Böylece elde edilecek ürünün çarpılıp çarpılmayacağı, yazıcıdan çıkan ürünün nasıl olacağı, içindeki kalıcı gerilmelerin ne mertebelerde olacağı hesaplanabilir. Sanal imalat simülasyonları ile de prototip sayısı azaltılmış olacaktır. Günümüzde bu çalışmalar yapılmaktadır ve yakın gelecekte çok daha yaygınlaşacaktır.

Bu noktada bir konudan daha bahsetmek gerekli. Eklemeli imalat kullanılarak geleneksel yöntemlerle gelen bazı kısıtlamalar ortadan kalktığı ve çok farklı geometriler imâl edilebilir olduğu için, topoloji optimizasyonu daha da önemli bir konu olarak karşımıza çıkmakta. Simülasyon ve analiz araçları ile de optimizasyon çalışmaları kolaylıkla yapılabilmektedir. Daha önceden topoloji en iyileştirme çalışmasıyla elde edilen geometriler, klasik yöntemlerle imâl edilemezken, 3B yazıcılar ile bu problem ortadan kalkmış görünüyor.

5.3 Otonom Araçlar ve BDM

Bu konu başlı başına bir yazı konusu olup, bu yazıda sadece kısaca değinilecektir. Otonom araçların, otomotiv sektöründeki yeri aşikârdır. Neredeyse tüm otomotiv firmaları, bazı teknoloji firmaları ve bir çok yeni kurulan



Şekil 8. Otonom Araç İçin Bir Senaryo Örneği [4]

⁵ User Interface (UI)

⁶ Digital twin

⁷ Additive manufacturing

firma, bu sektörde yer almak ve teknoloji geliştirmek için çalışmaktadır. Otonom araçlar konusunda simülasyon hayati önem taşımaktadır.

Gerçek zamanlı⁸ analizler daha önemli hale gelmektedir. Araç dinamiği çalışmaları onlarca yıldır yapılmaktadır, teknoloji belirli bir seviyeye gelmiştir. Otonom araçlar ve simülasyonları için katedilecek çok yol vardır. Bir otonom araç düz yolda ve hatta virajlı bir yolda rahatlıkla yol alabilmektedir. Ağaç kostümü giyen bir çocuğun karşıdan karşıya geçtiğini algılayan otonom araçdaki duyargaların araca nasıl bir manevra yaptıracaklarını henüz bilmiyoruz. Araçların güvenli bir şekilde yollarda olabilmesi için bunun gibi yüzlerce farklı senaryonun, hava koşulunun, ışık koşulunun (gece, gündüz, yoldaki suyun yansımaları vb) test edilmesi gerekmektedir. Bu testlerin en kolay ve hızlı yapılacağı ortamlar, simülasyonlardır. Aşağıdaki şekilde otonom bir aracın sensörleri ile çevreyi ve trafiği algılaması ve örnek bir senaryo gösterilmiştir.

6. SONUÇ

Bilgisayar destekli mühendislik, ürün geliştirme sürecinin çok önemli bir unsuru durumuna gelmiştir. Otomotiv sanayi, simülasyon ve analiz kullanımı konusunda önder durumdadır. Çarpışma, mukavemet, akışkanlar dinamiği, gürültü, titreşim, konfor, motor içi yanma, mekanik sistemlerin incelenmesi, imalat simülasyonları gibi çok farklı disiplinlerde çözümler elde edilmektedir. Simülasyon ve analiz çalışmalarının mutlaka testler ile doğrulanması gerekmektedir. Doğrulanmış modeller ile gerçek testlerin maliyetleri ve sayıları azaltılabilir. Gelecekte de BDM uygulamalarının etkisi ve kullanımı artacak ve farklı çözüm-

lerin eklenmesi ile daha da yaygın hale gelecektir.

KISALTMALAR

BDM: Bilgisayar Destekli Mühendislik

CAD: Computer Aided Design

CAE: Computer Aided Engineering

CFD: Computational Fluid Dynamics

FEA: Finite Element Analysis (Sonlu Elemanlar Analizi)

HAD: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

MBD: Multibody Dynamics

NVH: Noise Vibration Harshness

KAYNAKÇA

1. www.wikizero.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU2ltw7xsYXN5b24, son erişim tarihi: 10.02.2019.
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Analysis>, son erişim tarihi: 10.02.2019.
3. www.businesswire.com/news/home/20171019005834/en/Automotive-Industry-Dominates-Global-CAE-Market-Technavio, son erişim tarihi: 10.02.2019.
4. www.msccsoftware.com/, son erişim tarihi: 10.02.2019.
5. www.computerhistory.org/makesoftware/exhibit/car-crash-simulation/, son erişim tarihi: 10.02.2019.
6. www.topcrunch.org/benchmark_details.sfe?query=2&id=1309, son erişim tarihi: 10.02.2019.
7. www.eta.com/blank-size-engineering, son erişim tarihi: 10.02.2019.
8. www.cambashi.com/, son erişim tarihi: 10.02.2019. ◀◀

⁸ Real Time