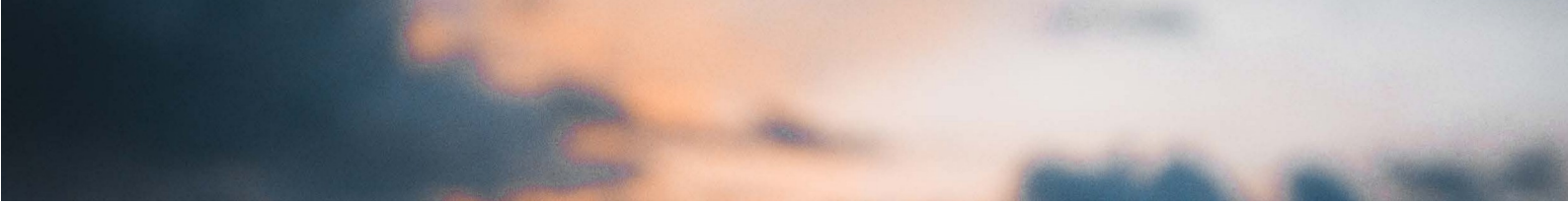
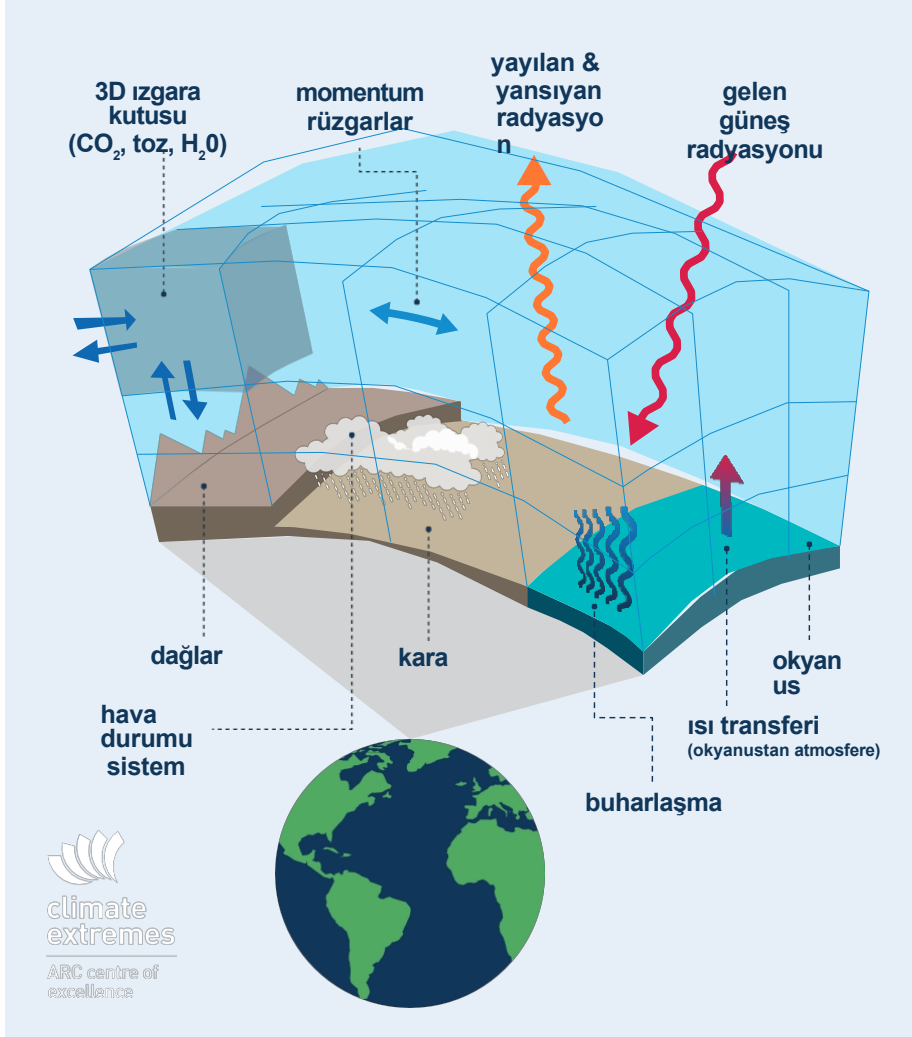


İklim Modellemesi

Genel Bir Bakış



İklim modeli nedir?



Bir iklim modeli, iklim sistemimizi yöneten fiziksel yasaları doğrudan uygulayarak geçmiş, bugünü veya geleceği simüle eden bir araçtır.

Günümüz koşullarının istatistiksel ekstrapolasyonlarını kullanan bazı modelleme türlerinden farklıdır. Fiziksel yasalar, atmosferdeki havanın, okyanustaki suyun ve denizlerdeki suyun akışını yöneten temel fizikten türetilmiştir.

Toprak yüzeyindeki ısı ve nem. İklim değişse bile bu yasalar değişmez. Bu kanunlar matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir

Bilgisayarda çözülebilen denklemler. Bu denklemlerin çözülmesi, sıcaklık, yağış, atmosfer ve okyanus dolaşımı ve toprak nemi simülasyonları da dahil olmak üzere iklimimizin geçmiş, şimdiki ve gelecek simülasyonlarının yapılmasını sağlar.

Şekil 1: Bir iklim modelinin üç boyutlu ızgarasının gösterimi. Bu bir basitleştirmedir, atmosfer, okyanus ve karada çok daha fazla süreç dahil edilmiştir. Resim: Dünya'nın İklimi'nden uyarlanmıştır: Geçmiş ve Gelecek, William F. Ruddiman.

İklim süreçleri ve bunları temsil eden fiziksel yasalar karmaşıktır. Atmosferi ve okyanusu dikeyde birçok katmana bölen ve her katmanı yatayda birçok ızgara elemanına (veya ızgara karesine) ayıran teknikler kullanılarak faydalı çözümler bulunabilir (Şekil 1).

Taşların, bu durumda hava veya okyanus suyu parsellerinin, herhangi bir bitişik kareye hareket edebildiği 3 boyutlu bir satranç tahtası düşünün. Her bir üç boyutlu kare içinde, bilgisayarlar çok sayıda denklemin çözümlerini tahmin etmek için kullanılabilir. Daha ince bir ızgara, daha hassas

Ancak, aynı zamanda çok daha fazla ızgara kutusu gerektirir, bu da hesaplama maliyetini artırır ve tamamlanması daha fazla zaman alır. Bu nedenle, iklim modeli tahminlerinin maliyeti ve hassasiyeti arasında bir değiş tokuş söz konusudur.

İklim modelleri başlangıçta iklim sisteminin nasıl çalıştığını anlamaya yardımcı olmak için geliştirilmiştir ve bu nedenle farklı soruları yanıtlamak için bir iklim modelleri hiyerarşisi gelişmiştir⁽¹⁾. Bu iklim modelleri çok farklı özelliklere sahip olabilir ve farklı amaçlara uygun olabilir.

Kullanıcının, her bir model türünün kapasitesinden yararlanmak veya bu modeller tarafından üretilen verileri uygun şekilde kullanmak için güçlü ve zayıf yönlerinin farkında olması gerekir.

İklim modelleri neyi temsil ediyor?

Birçok iklim modeli türü vardır ve karmaşıklık açısından büyük farklılıklar gösterirler. Yani, süreçlerin listesi ve her bir sürecin temsil edildiği ayrıntı miktarı ve simülasyonun ızgara aralığı. Bu durum, modellerin belirli soruları yanıtlamaya uygunluğunu etkilemektedir. Çağdaş bir fiziksel iklim modelinde yaklaşık 50-100 katman bulunmaktadır. okyanusta ve atmosferde ve her bir grid kutusu yatayda 50 - 200 km karedir. Bundan çok daha yüksek çözünürlüğe sahip modeller vardır (çok daha yüksek uzamsal ayrıntı temsil), ancak iklim projeksiyonları için küresel iklim simülasyonları, hesaplama maliyeti nedeniyle nadiren ~50 km'den daha ince çözünürlükler kullanır.

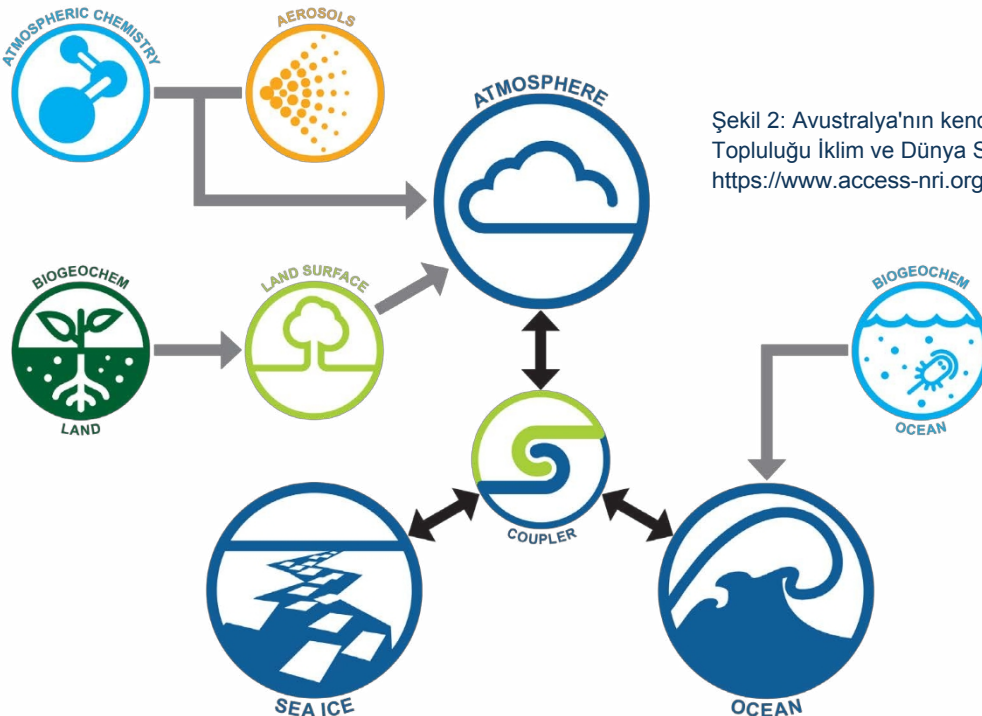
İklim modelleri (Şekil 2) her zaman bazı kilit süreçlerin, özellikle de bir iklim modeli ızgara kutusundan daha küçük ölçeklerde hareket eden veya sürecin tam olarak anlaşılmadığı kilit süreçlerin yaklaşık değerlerini içerecektir. Örneğin, 100 km'lik bir ızgara kutu modeli, birkaç kilometre ölçeğinde olan ve parametreleme adı verilen daha basit istatistiksel yaklaşımlarla iklim modeline yeniden dahil edilen gök gürültülü fırtınaları hariç tutar. Bununla birlikte, artık gök gürültülü fırtınaları açıkça içeren 1 km'lik bir ızgara kutu modeli bile gök gürültülü fırtınaların öncüsü olan küçük kümülüs bulutlarını içermeyecektir. Benzer şekilde, topraklar ve bitki örtüsü 100 km'lik bir kutu içinde büyük farklılıklar gösterir ve arazinin nasıl buharlaştığını veya atmosferi nasıl ısıttığını ya da bitki örtüsü ve toprakların atmosferden karbon emilimine nasıl yardımcı olduğunu etkiler. Bunlar, istatistiksel özellikleri veya parametreleri ile temsil edilmesi gereken süreçlerdir.

Neden bir iklim modeli kullanılmalı?

İklim modelleri, küresel iklim sistemimizin birçok yönünü güvenilir bir şekilde yakalamaktadır. Modeller, gerçek dünyada deneyimlediğimiz mevsimsel ve günlük sıcaklık döngüleri de dahil olmak üzere birçok önemli doğal iklim sürecini yeniden üretmektedir. İklim modellerinin gücü, fizik yasalarıyla tutarlı olmaları ve bir dizi olası geleceği titiz ve esnek bir şekilde test etmek için bir araç sağlamalarıdır. Sera gazı emisyonlarının azaltılması veya peyzajların yeniden yeşillendirilmesi gibi insan eylemlerinin sonuçlarını test etmemizi sağlarlar.

İklimimizin gelecekte nasıl görünebileceğini tahmin etmenin birkaç yolu vardır:

- a Hiçbir şeyin değişmeyeceğini ve gözlemlerin bize bilmemiz gereken her şeyi anlattığını varsayalım. Bunun hatalı olduğunu biliyoruz² çünkü iklimimiz değişiyor ve iklimin değişmediğini varsaymak gelecekteki iklim risklerinin büyük ölçüde hafife alınmasına yol açıyor.
- b Uzman görüşünü kullanın veya iklimin gelecekte nasıl görüneceğine dair hikayeler geliştirin. Bu yararlı bir yaklaşım olabilir^{3,4}.
- c Doğru sorular için doğru modeli seçerek iklim modellerini kullanın. Bu, bilim insanlarının hipotezleri test etmesini sağlar. İklim modelleri ayrıca (b)'deki hikayeleri bilgilendirmek için de kullanılabilir.



Şekil 2: Avustralya'nın kendi iklim modeli vardır - Avustralya Topluluğu İklim ve Dünya Sistemi Simülatörü (ACCESS) <https://www.access-nri.org.au/models/>

Karar vericiler, belirli bir yerde nereye baraj inşa edileceği, belirli bir bölgede hangi ürünlerin yetiştirileceği veya dünya çapında varlıkları olan bir işletmenin hangi yatırım stratejisini kullanabileceği gibi ayrıntılı bilgileri tahmin etmenin, iklim modellerinin bize nasıl ve ne söylediğinin farkında olmayı ve anlamayı gerektirdiğinin farkında olmalıdır.

İklim modeli türleri

İklim modeli geliştirme süreci boyunca, bölgesel ve küresel ölçekler bağlamında iklimimizin nasıl değiştiğini veya gelecekte nasıl değişebileceğini anlamak için en kapsamlı ve ilgili iki geniş iklim modeli türü ortaya En yaygın olanları Genel Sirkülasyon Modelleri⁵ veya Fiziksel İklim Modelleri ve yakın kuzenleri Dünya Sistem olmak üzere çeşitli isimlerle anılmaktadırlar. Bölgesel İklim Modelleri, küresel muadillerinin yakın kuzenleridir.

İklim modellerinin hepsine uyan tek bir sınıflandırması yoktur ve herhangi bir sınıflandırmaya tam olarak uymayan örnekler vardır. Örneğin, Yer Sistemi ve Fiziksel İklim Modelleri arasındaki sınırlar bazen bazı temel farklılıkları yansıtırken bazen de bir sürecin nüanslı bir görünümünü yansıtmaktadır.

Modellerdeki yaklaşımlar

İklim modellerinde kullanılan denklemler, bazı süreçleri temsil etmek için yaklaşık değerler kullanılarak bilgisayarda çözülmelidir - L.F. Richardson'ın 64.000 insan vizyonu Bu denklemlerin büyük bir salonda çözülmesi pek mümkün değildir - bkz. kutu 'İnsana karşı Bilgisayar'. Bazı modeller yalnızca belirli bir ölçekte ilgili olan süreçleri içerir. Örneğin, yeraltı suyu, permafrost veya toz üretimi küresel ortalama iklim değişikliği ile ilgili olmayabilir, ancak bazı belirli yerlerde daha önemli olabilir. Atmosferdeki aerosol partikülleri, sabit veya zamanla değişen bölgesel modeller öngörülerek temsil edilebilir

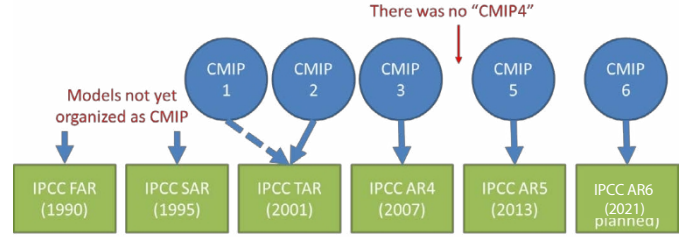
veya ilgili kimyasal reaksiyonlar ve bunların bulut parçacıkları ile etkileşimi ile tamamen simüle edilmiştir.

Seçim kısmen hesaplama kısıtlamalarına göre belirlenir, ancak aynı zamanda iklim modeliyle incelenen sorunun doğasına da bağlıdır. Don kabarması (donma koşullarında toprağın yukarı doğru şişmesi) veya bitki örtüsündeki hidrolik kaviteasyon gibi ayrıntılı süreçler gibi bazı süreçler iklim modellerine dahil edilecek kadar iyi anlaşılmamıştır, ancak bunların Dünya'nın iklimi için önemli olması pek olası değildir. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin etkisini değerlendirmek için yerel veya bölgesel olarak çok önemli olabilirler.

Belirli bir iklim modelinin hangi süreçleri içerdiğini veya atladığını, hangi ayrıntı düzeyinde veya bir sürecin ne kadar iyi simüle edildiğini sadece kullanıcılara sağlanan verilerden çıkarmak kolay değildir. Dikkatli olmayanlar çok dikkatli olmalı ve

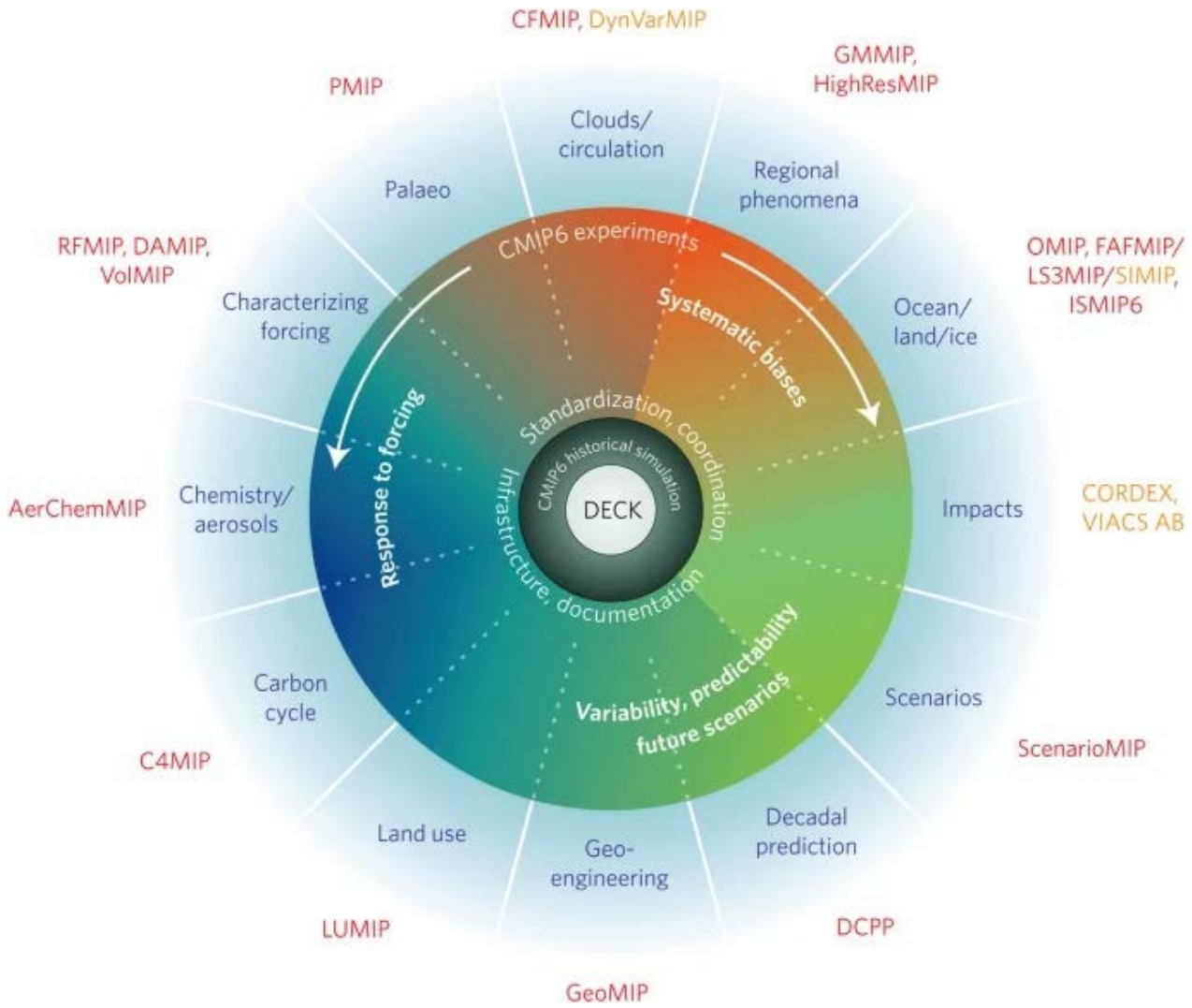
Genellikle bu iklim modelleme gruplarıyla uzun süreli işbirliği içinde olan ayrıntılı bilgiye sahip kişilerden tavsiye alın.

CMIP projesi ve IPCC'yi nasıl besliyor?



Şekil 3: CMIP'lerin tarihçesi ve IPCC Değerlendirme Raporlarına (AR) katkıları. Resim: CMIP5 verileri IPCC Veri Dağıtım Merkezi'nden sağlanmıştır. Görevin Bilgi Formu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Etki ve İklim Analizi için Veri ve Senaryo Desteği Grubu (TGICA)

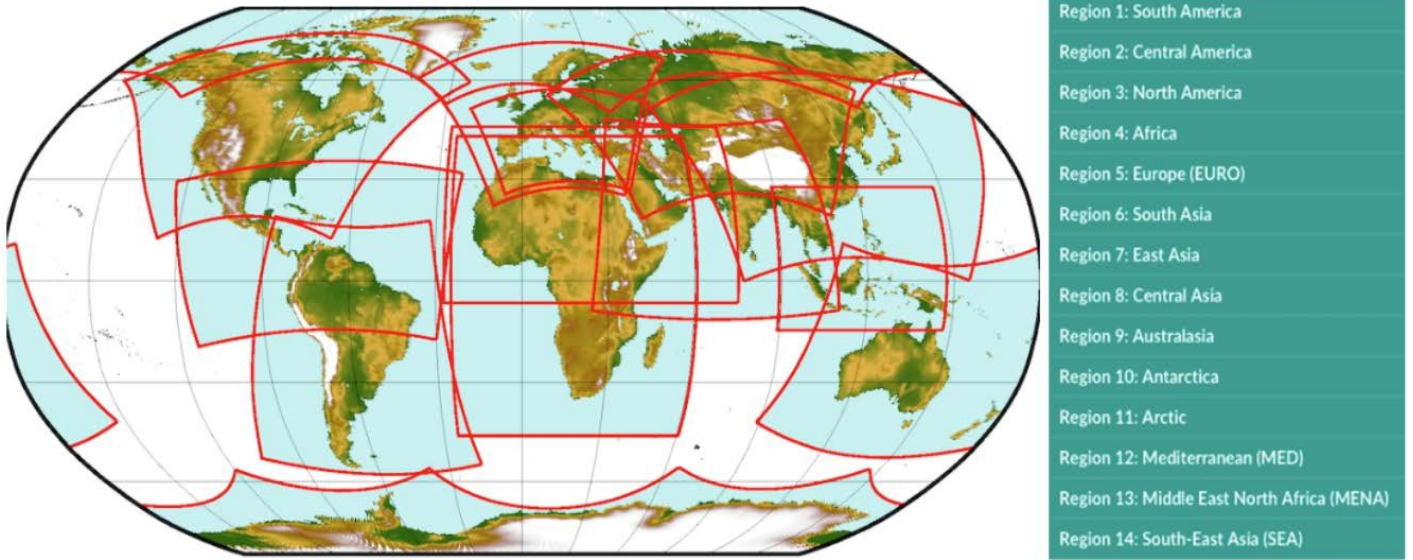
Birleştirilmiş Modeller Arası Karşılaştırma Projesi⁶ (CMIP), Dünya İklim Araştırma Programı tarafından yürütülmektedir (WCRP) tarafından kurulmuştur ve iklimimizin geçmişini, bugününü ve geleceğini daha iyi anlamayı amaçlamaktadır. CMIP 1995 yılında, atmosferik karbondioksitte kabul edilen aynı değişikliği kullanan farklı iklim modelleriyle bir dizi iklim simülasyonu yapmak amacıyla başlamıştır. Bu sayede iklim modellerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması mümkün olmuştur. CMIP şu anda 6. aşaması olan CMIP6 aşamasındadır (Şekil 3).



Şekil 4: CMIP6 için 21 Model karşılaştırma projesi dış halkada gösterilmiştir. Resim: <https://www.nature.com/articles/nclimate3398>

CMIP'in önemli bir hedefi, çoklu model çıktılarını (Şekil 4) standart bir formatta iklim bilimcilerin kullanımına sunmaktır. CMIP6 veri setleri petabaytlarca depolama alanı (depolama alanı >75.000 standart dizüstü bilgisayar) kullanılarak çok büyüktür ve yüksek performanslı bilgisayarlarla birleştirilmiş özel depolama çözümleri gerektirir. üzerinde anlaşmaya varılmış bir simülasyon seti, veri büyümesine yardımcı olmak için verilerini CMIP6'ya gönderebilir. CMIP6 veri setini oluşturan çoklu modeller "topluluk" olarak bilinir. CMIP bir "fırsatlar topluluğu"dur çünkü herkes farklı standartlardaki modelleri ya da süreçlerin farklı temsillerini içeren modelleri kullanarak CMIP'ye başvurabilir. yaklaşımlar iklim bilimcilerin farklı model seçimlerinin sonuçlar üzerindeki karmaşık etkisini incelemelerine yardımcı olmaktadır. Karar verme sürecinde, her bir modelin nasıl çalıştığını, kullanılan basitleştirmeleri, simülasyonların kalitesini ve çeşitli modeller arasındaki bağımlılıkları ve karşılıklı bağımlılıkları anlamak önemlidir.

CMIP ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) bağımsız rağmen, CMIP modelleri, gelecekteki insan sera gazı emisyonlarının farklı senaryolarını kullanan geniş bir iklim simülasyonu paketi de dahil olmak üzere IPCC süreci için bir bilgi kaynağı sağlar.



Şekil 5: On dört resmi CORDEX alanının sınırları.

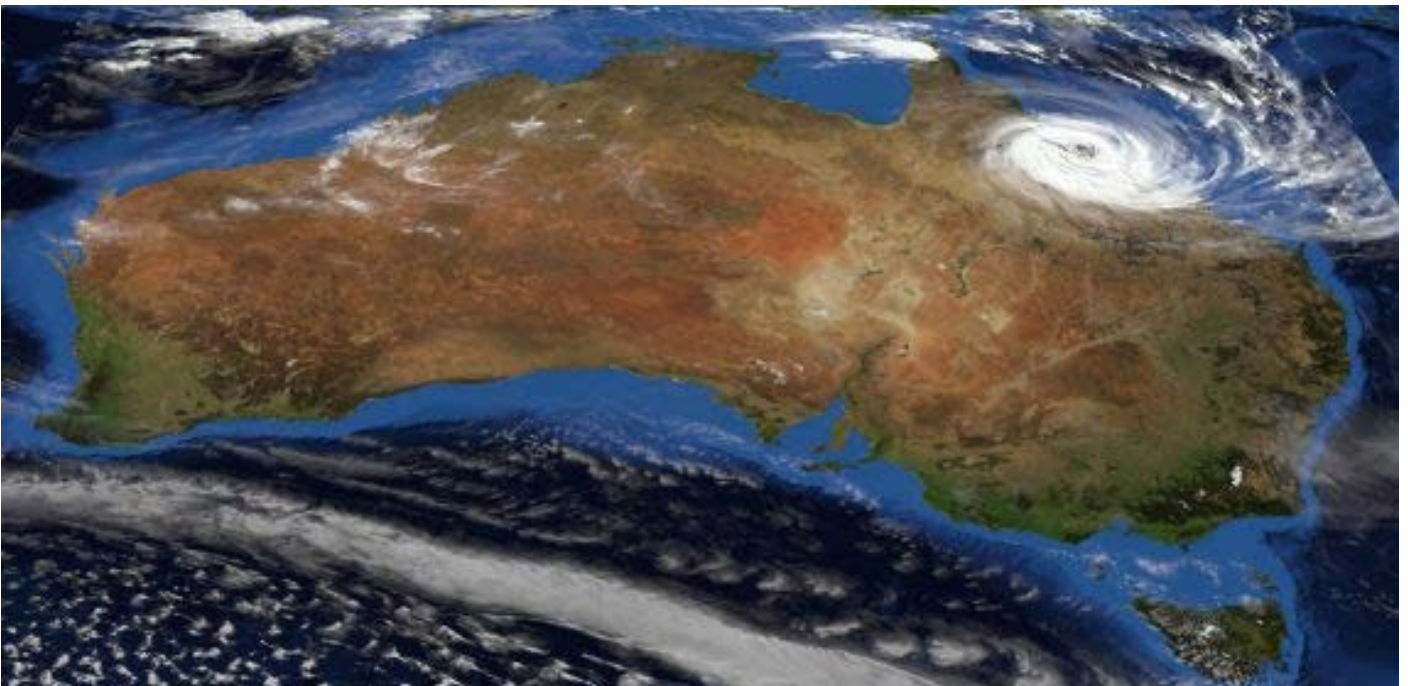
Resim: <https://cordex.org/data-access/regional-climate-change-simulations-for-cordex-domains/>

CORDEX projesi

WCRP'nin bir parçası olarak, Koordineli Bölgesel İklim Ölçek Düşürme Deneyi (CORDEX) (Şekil 5) adlı bir proje, bölgesel ölçek düşürme yöntemleri geliştirmek için bir strateji ve faaliyetlerine daha geniş bir iklim bilimci topluluğunu dahil etmek için bir fırsat olarak tasarlanmıştır. CORDEX Bölgesel İklim Modellerini kullanmaktadır.

Küresel Fiziksel İklim Modelleri ve Yer Sistemi Modelleri, bu modelleri çalıştırmanın hesaplama maliyeti nedeniyle nispeten kaba bir ızgara kullanma eğilimindedir. Bu kaba ızgaranın üstesinden gelmek için bir strateji olarak CORDEX, dünya çapında yaklaşık 14 bölge üzerinde "dinamik ölçek küçültme" faaliyetlerini koordine etmektedir. Amaç, daha ince ölçeklerde bilgi sağlamaktır; en son CMIP6 simülasyonları 25 km'ye ve bazen 12,5 km'ye kadar küçültülmüştür.

Dinamik ölçek küçültme, 25 km ve 12,5 km'deki süreçlerin simülasyonuna olanak ; bu da dağlar, vadiler ve kıyı şeritleri gibi atmosfer ve okyanus özelliklerinin daha gerçekçi bir şekilde modellenmesi açısından önemlidir. 12,5 km'lik simülasyonlar, bazı hava doğası da dahil olmak üzere bazı aşırı uçları yoğunlaştırabilecek meteorolojik özellikleri çözebilir.



Resim: ARC CLEX 400m Grand Challenge simülasyonu tarafından Avustralya üzerinde simüle edilen bulut.

Gelecekteki iklim için modellerin kullanılması

Gelecekteki iklim için dinamik ölçek küçültme, ilk olarak tüm dünya için gelecekteki iklimi simüle etmek için bir Fiziksel İklim Modeli veya bir Dünya Sistemi Modeli gerektirir. Bu, ilgilenilen bölgenin sınırındaki bölgesel modellere girdi olarak kullanılır. Küresel iklim modellerinden elde edilen veriler

bölgesel simülasyon yürütülürken her 3 veya 6 saatte bir bölgenin sınırında sağlanır. Bu sınır koşullarındaki bazı büyük ölçekli varsayımlar (örneğin, fırtına izleri gibi önemli hava özelliklerinin konumu veya ENSO fenomeninin simülasyonu)

bölgesel simülasyonların küresel modellerde yer alan varsayımlardan etkilendiği anlamına gelebilir.

Ölçek küçültme, küresel modellerin büyük ölçekli iklimi ne kadar iyi yakaladığına bağlıdır çünkü bölgesel modeller, küresel modellerden gelen bilgileri ilgilenilen alanın kenarındaki bir sınır boyunca emer.

Bölgesel modellerin daha yüksek çözünürlükte çalıştırılması da hesaplama açısından pahalıdır. Sonuç olarak, sınırda gerekli bilgileri sağlamak için genellikle CMIP modellerinin yalnızca küçük bir alt kümesi kullanılabilir - ne yazık ki her CMIP6 modelinin ölçeğini küçültmek için yeterli süper bilgisayar mevcut değildir. Bu sınırlama [makine öğrenimi](#) kullanılarak incelenmektedir.

Bölgesel modeller küresel modellerden çok daha yüksek çözünürlüğe sahiptir, ancak bu onları gelecekteki iklim değişikliğini araştırmak için mutlaka daha iyi yapmaz. CMIP6 veri arşivinde olduğu gibi, CORDEX verilerinin kullanıcılarının verilerin doğasını, nasıl üretildiğini ve hem güçlü hem de zayıf yönlerini anlamaları gerekir. Platon'un bildiği gibi: "İyi bir karar sayılara değil bilgiye dayanır".

İnsan Bilgisayara Karşı



Hava Durumunu Tahmin Etmek İçin 64.000 İnsan Bilgisayar Kullanmayı Hayal Edin. Resim: <https://www.historyofinformation.com/>

Özet

İklim modelleri, temel fizik yasaları ile bir dizi detaylı anlayışımıza dayanmaktadır. Okyanus, atmosfer ve karadaki önemli süreçlere ilişkin iklim modelleri, iklim sistemimizi anlamamızda birçok önemli ilerlemeye yol açmıştır. Buna ek olarak, iklim modellerinin gözlemlenen ısınma eğilimini tahmin etmede oldukça doğru olduğu kanıtlanmıştır.

Dünyanın dört bir yanındaki gruplar iklimimizin geleceğini simüle etmek için iklim modellerini kullanmaktadır ve bu simülasyonlar birçok önemli uygulama için zengin bir veri setidir. Bununla birlikte, "iklim modeli" kelimeleri, belirli uygulamalar için çok çeşitli karmaşıklığı, farklılıkları, güçlü ve zayıf yönleri gizler. İklim modeli verilerinin kullanıcıları, iklim modeli verilerini kullanırken dikkatli olmalıdır - ve modelleri kuran ve çalıştıranlarla tartışmak, hızlı bir şekilde anlayış geliştirmenin iyi bir yoludur.

Avustralya Topluluğu İklim ve Yeryüzü Sistemi Simülatörü (ACCESS) (Şekil 2) adı verilen yazılım sisteminin devam eden gelişimi şu anda

Ulusal İşbirliğine Dayalı Araştırma Altyapısı Stratejisi (NCRIS) aracılığıyla Federal Hükümet. ACCESS'te yer alan bilimin devam eden gelişimi CSIRO, Meteoroloji Bürosu, ARC İklim Aşırılıkları Mükemmeliyet Merkezi ve 2024'ten itibaren ARC 21. Yüzyıl Hava Durumu Mükemmeliyet Merkezi'nin çabalarını yansıtmaktadır.

Bilgisayarlar gerçek dünya temsilleri oluşturmak için matematik, veri ve bilgisayar talimatlarını kullanır. Araştırmacılar özellikler hakkında kuralları belirler ve bu kuralları matematikle ifade eder. İklim gibi karmaşık bir sistem, binlerce denklemin aylar ya da yıllar süren elle çözülmesi anlamına gelir. Peki ya bir hata yaparsanız?

Hava tahmini için ilk dinamik modelin yaratıcısı olan meteorolog Lewis Fry Richardson, altmış dört kişilik fantastik bir hava tahmini "fabrikası" tanımladı "Tiyatro gibi büyük salonda" çalışan binlerce insan bilgisayarı, dünyanın dört bir yanına iki yüz kilometre aralıklarla yerleştirilmiş meteoroloji balonlarının sağladığı meteorolojik verilerden dünyanın hava tahminlerini hesaplıyor.

Şu anda Avustralya Ulusal Üniversitesi'nde bulunan Gadi süper bilgisayarı ise saniyede 9 katrilyon işlem çözmektedir.

Tarafından üretilmiştir

Katılım ve Etki Ekibi

Tarafından yazıldı



Profesör Andy Pitman

ARC Centre of Excellence for Climate Extremes'in Direktörüdür. Görevleri arasında IPCC Baş Yazarlığı ve İnceleme Editörlüğü de bulunmaktadır. Uzmanlığı su, karbon ve enerji akışları, aşırı uçlar ve çeşitli ölçeklerde iklim modellerinin sağlamlığı dahil olmak üzere karasal süreçlere odaklanmaktadır. Çevresel ve ekonomik sistemlerde iklim riski konusunda güçlü ilgi alanları vardır.



Profesör Christian Jakob

Monash Üniversitesi Yer, Atmosfer ve Çevre Fakültesi'nde İklim Modelleme Profesörü ve yakın zamanda finanse edilen ARC Mükemmeliyet Merkezi'nin Direktörüdür 21'inci Yüzyılın Hava Durumu için. Başlıca ilgi alanı, atmosferik su döngüsünü ve bunun hava sistemleriyle bağlantısını anlamının yanı sıra hava ve iklim modellerinin geliştirilmesidir. Kendisi IPCC Baş Yazarıdır ve Avustralya Meteoroloji ve Oşinografi Derneği Üyesidir.



Profesör Andy Hogg

ANU'da bulunan ACCESS Ulusal Araştırma Altyapısı tesisinin Direktörü ve ARC İklim Aşırılıkları Mükemmeliyet Merkezi'nin Baş Araştırmacısıdır. Özellikle Güney Okyanusu'nda olmak üzere küresel ölçekli okyanus sirkülasyonunun dinamiklerini anlama konusunda çalışmış bir fiziksel oşinografıdır. Ayrıca daha yüksek okyanus sirkülasyonunun geliştirilmesinde rol oynamıştır. Çözünürlüklü okyanus ve iklim modelleri, girdap süreçlerinin (çoğu okyanus-iklim modeli tarafından simüle edilmeyen) küresel iklim üzerinde kontrol edici etkilere sahip olabileceğini göstermek için.

Referanslar

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_model
2. Milly ve diğerleri, 2008, Stationarity Is Dead: Whither Water Management?, Science, 319, 573-574, doi: 10.1126/science.1151915.
3. Shepherd, T.G., 2019, Bölgesel iklim değişikliğinin inşasına hikayesel yaklaşım Bilgi. Proc. R. Soc. A, 475, 20190013, doi: 10.1098/rspa.2019.0013.
4. Fiedler ve diğerleri, 2021, İş riski ve iklim analitiğinin ortaya çıkışı, 2021, Nature Climate Change, 11, 87-94, doi: 10.1038/s41558-020-00984-6
5. Not: "GCM" kısaltması Küresel İklim Modeli de dahil olmak üzere birçok kavram için kullanılmaktadır
6. <https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>
7. <https://cordex.org/about/history/>

İletişim

clex@unsw.edu.au

İklim Aşırılıklarını Takip Edin:

