ÖZET

SİNİR AĞININ EĞİTİMİ SIRASINDA SİNİR AĞI PARAMETRELERİNİN DEĞERLERİNİN AŞIRI UYUMUNUN SAPTANMASINA YÖNELİK BİR SİNİR AĞINA VE BİR İLETİŞİM BİRİMİNE SAHİP BİR İLETİŞİM SİSTEMİNE SAHİP ARAÇ

Buluş, en az bir birinci iletişim birimini (1) ve bir ikinci iletişim birimini (2) ve nöronları olan bir sinir ağını (5) içeren bir iletişim sistemine (4) sahip bir araç (3) ile ilgilidir, özelliği birinci iletişim biriminin (1), veri iletimine yönelik olarak aracın (3) en az bir birinci sensörüne (6_1) bağlanması veya aracın (3) bir kontrol aparatına entegre edilmesi ve birinci sensör (6_1) veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanması ve ikinci iletişim biriminin (2), verileri almak ve verilere dayanarak eğitim veri dizileri (22) oluşturmak ve eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerine ait değerlerdeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak parametre dizilerinin eğitim veri dizilerine (22) aşırı uyumunu tespit etmek ve ikinci iletişim biriminin (2) aşırı uyum tespit etmesi halinde sinir ağının (5) eğitimini durdurmak üzere tasarlanmasıdır.

Şekil 1

İSTEMLER

1. En az bir birinci iletişim birimini (1) ve bir ikinci iletişim birimini (2) ve nöronları olan bir sinir ağını (5) içeren bir iletişim sistemine (4) sahip bir araç (3) olup, özelliği birinci iletişim biriminin (1), veri iletimine yönelik olarak aracın (3) en az bir birinci sensörüne (6_1) bağlanması veya aracın (3) bir kontrol aparatına entegre edilmesi ve birinci sensör (6_1) veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanması ve ikinci iletişim biriminin (2), verileri almak ve verilere dayanarak eğitim veri dizileri (22) oluşturmak ve eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerine ait değerlerdeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak parametre dizilerinin eğitim veri dizilerine (22) aşırı uyumunu tespit etmek ve ikinci iletişim biriminin (2) aşırı uyum tespit etmesi halinde sinir ağının (5) eğitimini durdurmak üzere tasarlanmasıdır.

2. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği ikinci iletişim biriminin (2) parametrelerin değerlerini düzenli zaman aralıklarında depolamak üzere ve ikinci iletişim biriminin (2) aşırı uyum tespit etmesi halinde, parametrelerin depolanan değerlerini kullanarak sinir ağının (5) bir durumunu geri yüklemek üzere tasarlanmasıdır.

3. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin değerlerinin, sinir ağının (5) ağırlıklarının değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), eğitim sırasında sinir ağının (5) iki nöronu arasındaki ilgili bir bağlantının gücünü gösteren ağırlık değerlerindeki değişiklikleri izlemek üzere ve en az bir ağırlık değerindeki bir değişikliğin, önceden belirlenmiş bir birinci sınır değerini aşması durumunda aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanmasıdır.

4. İstem 1’e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden nöronların eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), eğitim boyunca nöronların eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve nöronların bir nöronunun eşik değerindeki bir değişimin

önceden belirlenmiş dördüncü sınır değerini aşması durumunda aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanmasıdır.

5. İstem 1'e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden nöronların eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), birçok eğitim dönemi boyunca nöronların eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve dönemler boyunca nöronların bir nöronunun eşik değerindeki ortalama bir değişikliğin önceden belirlenmiş beşinci sınır değerini aşması durumunda aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanmasıdır.

6. İstem 1'e göre araç (3) olup, özelliği parametrelerin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden nöronların eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin (2), birçok eğitim dönemi boyunca nöronların eşik değerlerinin değişimlerini izlemek ve dönemler boyunca nöronların bir nöronunun eşik değerindeki bir dalgalanmanın önceden belirlenmiş bir altıncı sınır değerini aşması durumunda aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanmasıdır.

7. Bir araca (3) yönelik iletişim sistemi (4) olup, özelliği iletişim sisteminin (4) en az bir birinci iletişim birimini (1) ve bir ikinci iletişim birimini (2) ve nöronları olan bir sinir ağını (5) içermesidir, burada birinci iletişim birimi (1), veri iletimine yönelik olarak aracın (3) bir birinci sensörüne (6_1) bağlanabilir veya aracın (3) bir kontrol aparatına entegre edilebilir ve birinci sensör (6_1) veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanır ve ikinci iletişim birimi (2), verileri almak ve verilere dayanarak eğitim veri dizileri (22) oluşturmak ve eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerine ait değerlerdeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak parametre değerlerinin eğitim veri dizilerine (22) aşırı uyumunu tespit etmek ve ikinci iletişim biriminin (2) aşırı uyum tespit etmesi halinde sinir ağının (5) eğitimini durdurmak üzere tasarlanır.

8. Araçta (3) sinir ağının (5) kullanımına yönelik olarak bir aracın (3) iletişim sisteminin (4) bir sinir ağını (5) eğitmeye yönelik yöntem olup, özelliği iletişim sisteminin (4) en az bir birinci iletişim birimine (1), bir ikinci iletişim birimine (2) ve nöronları olan sinir ağına (5) sahip olmasıdır, yöntem aşağıdaki adımları içerir:

- aracın (3) bir birinci sensör (6_1) veya bir kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verilerin, birinci iletişim birimi (1) yardımıyla ikinci iletişim birimine (2) gönderilmesi;
- ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla verilerin alınması;
- ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerinin (22) oluşturulması;
- eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak sinir ağının (5) eğitiminin gerçekleştirilmesi;
- sinir ağı (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimlerin saptanması;
- parametrelerin değerlerinin eğitim veri dizilerine (22) aşırı uyumunun, parametrelerin en az bir parametresinin değerindeki en az bir değişikliğe bağlı olarak tespit edilmesi;
- aşırı uyumun tespit edilmesi halinde sinir ağının (5) eğitiminin durdurulması.

9. İstem 8'e göre yöntem olup, sinir ağının (5) eğitilmesinden önce en az bir diğer sinir ağının (5) eğitiminin izlenmesi yoluyla en az bir sınır değerinin belirlenmesidir, burada parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki değişiklik, parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki eğitim dönemleri boyunca ortalaması alınan değişiklik veya parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki değişiklikteki dalgalanmanın sınır değerinden büyük olması halinde, sinir ağının (5) eğitimi sırasında aşırı uyum tespit edilir.

10. Bir veya daha fazla işlemci ile yürütülebilen komutlara sahip bir bilgisayar programı ürünü olup, özelliği komutların yürütülmesinin, işlemcinin veya işlemcilerin istem 9'a göre yöntemi gerçekleştirmesini sağlamasıdır.

TARİFNAME

SİNİR AĞININ EĞİTİMİ SIRASINDA SİNİR AĞI PARAMETRELERİNİN DEĞERLERİNİN AŞIRI UYUMUNUN SAPTANMASINA YÖNELİK BİR SİNİR AĞINA VE BİR İLETİŞİM BİRİMİNE SAHİP BİR İLETİŞİM SİSTEMİNE SAHİP ARAÇ

Buluş, bir sinir ağı içeren bir iletişim sistemine sahip bir araç, bir aracın iletişim sisteminin bir sinir ağının eğitilmesine yönelik bir yöntem, bir iletişim sistemi ve yöntemin gerçekleştirilmesine yönelik bir bilgisayar programı ürünü ile ilgilidir.

Aracın bileşenlerini kontrol etmek ve düzenlemek üzere araçlarda sinir ağlarının kullanıldığı bilinir. Ayrıca, yeni eğitim verilerinin mevcut olması durumunda sinir ağlarının tekrar eğitildiği bilinir. Örneğin eğitim verileri, bir veya birden fazla aracın kullanımı sırasında oluşturulabilir.

En az bir birinci iletişim birimi ve bir ikinci iletişim birimi ve nöronları olan bir sinir ağı içeren bir iletişim sistemine sahip olan bir araç önerilir. Birinci iletişim birimi, veri iletimine yönelik olarak aracın bir sensörüne bağlanır ve aracın bir kontrol aparatına entegre edilir. Ayrıca birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine göndermek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, verileri almak ve verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerini oluşturmak ve eğitim veri dizilerine bağlı olarak araçta sinir ağının kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının eğitimini gerçekleştirmek üzere tasarlanır.

Ayrıca ikinci iletişim birimi, eğitim sırasında sinir ağının parametrelerine ait değerleri değiştirmek üzere tasarlanır. Buna ek olarak ikinci iletişim birimi, parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak parametrelerin değerlerinin eğitim veri dizilerine aşırı uyum göstermesini tespit etmek üzere tasarlanır. Ayrıca, ikinci iletişim birimi, ikinci iletişim biriminin aşırı uyumunun tespit edilmesi halinde, sinir ağının eğitimini durdurmak üzere tasarlanır.

Parametrelerin değerlerinin aşırı uyumunun var olması halinde, aşağıda kısaca ağ olarak da anılan sinir ağı, çoğu durumda zayıf genelleme kabiliyetine, yani yüksek bir genelleme hatasına sahiptir. Genelleme hatası, ağın eğitimde kullanılmayan yeni verileri işlerken ürettiği bir ağ hatasıdır. Pratikte, genelleme hatası mümkün olduğu kadar küçük

olmalıdır. Ağın genelleme yeteneği ne kadar iyiyse, özellikle ağın uygulama alanı o kadar geniştir. Bu, özellikle ağın araçta kullanımı ile ilgilidir.

Ağın, eğitim verileri ile eğitilmesine devam edilmesi halinde, aşırı uyum zaten tespit edilmiş olmasına rağmen, çoğu durumda genelleme hatası artar. Özellikle ikinci iletişim biriminin yardımıyla aşırı uyum tespit edildikten sonra eğitimin durdurulması, ağın genelleme kabiliyetinin daha fazla bozulmaması etkisine sahiptir.

Sensör ve kontrol aparatı tarafından oluşturulan veriler örneğin sensör değerleri veya kontrol değerleri olabilir. Olası bir varyanta göre kontrol aparatı, sensör değerlerine bağlı olarak kontrol değerlerini hesaplayabilir. Sensör özellikle, aracın bir araç bileşeninde ölçülen fiziksel değişkeni ve/veya bu fiziksel değişkende ölçülen değişimi bir elektriksel değişkene ve/veya bu elektriksel değişkendeki bir değişime dönüştürmek üzere tasarlanır.

Birinci iletişim birimi örneğin, bir birinci işlemci formunda, özellikle bir birinci mikroişlemci formunda düzenlenebilir. Birinci iletişim birimi tercihen, düzenli zaman aralıklarında sensör değerlerini kaydetmek üzere elektrik hatları vasıtasıyla sensöre bağlanır. Sensör değerleri örneğin her durumda farklı zaman noktalarında elektriksel değişkeni ve/veya elektriksel değişkendeki değişimi dijital formda açıklayabilir.

Yukarıda açıklandığı üzere birinci iletişim birimi alternatif olarak aracın kontrol aparatına entegre edilebilir. Burada birinci iletişim birimi örneğin kontrol aparatının bir verici birimi formunda düzenlenebilir. Avantajlı bir şekilde birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verilerin ikinci iletişim birimine gönderilebilmesi amacıyla aracın bir veriyolu sistemine, örneğin aracın bir CAN veriyolu sistemine bağlanır.

Buluş çerçevesinde birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri, aşağıda kısaca veriler olarak işaret edilir, ikinci iletişim birimine göndermek üzere düzenlenen ve tasarlanan bir elektronik birim, bir elektronik bileşen veya sistem olarak anlaşılabilir.

Verilerin alınabilmesi amacıyla ikinci iletişim birimi, olası bir düzenlemeye göre veriyolu sistemine bağlanır. İkinci iletişim birimi avantajlı bir şekilde en az bir ikinci işlemciye, özellikle bir ikinci mikroişlemciye sahiptir.

Aşağıda aynı zamanda kısaca ağ olarak adlandırılan sinir ağı, iletişim sistemi içinde tercihen sinir ağının parametrelerinin depolanmış değerleri ve tercihen bir ağ yapısı üzerine depolanan bilgiler formunda soyut biçimde bulunur. Özellikle ağın parametrelerine ait değerler ve yapı üzerine bilgiler ikinci mikroişlemcide, özellikle ikinci mikroişlemcinin ön belleğine depolanabilir. Ağın parametrelerine ait değerler örneğin sinir ağının ağırlık değerlerini veya sinir ağının nöronlarının eşik değerlerini içerebilir. Her bir ağırlığın değeri her durumda sinir ağının ilgili iki nöron çifti arasındaki bir bağlantının kuvvetine işaret eder.

Avantajlı bir şekilde ağ, parametrelerin değerleri ve yapı üzerine bilgiler yoluyla tamamen tanımlanabilir. Yapı üzerine bilgiler örneğin ağın kaç nöron katmanı içerdiğini belirtebilir. Katmanlar tercihen, giriş nöronları olan bir giriş tabakası, bir, iki veya daha fazla gizli nöron katmanı ve çıkış nöronları veya bir çıkış nöronu olan bir çıkış tabakası içerir. Her bir katmandaki nöronlar her durumda ağ içinde aşağıdaki katmanın bir veya daha fazla katmanına yönelik bir bağlantıya sahiptir. Ağın her bir farklı katmanından iki nöron arasındaki ilgili bağlantı ile ilişkili ilgili ağırlık değeri, ilgili bağlantı vasıtasıyla bağlanan söz konusu iki nöron arasındaki ilgili bağlantının kuvvetine işaret eder.

Giriş tabakasının nöronları ve birinci gizli katmanın nöronları arasındaki ağırlık değerleri tercihen bir birinci matriks formunda depolanır. Birinci gizli katmanın ve ağda doğrudan birinci katmanı takip eden ikinci gizli katmanın nöronları ağırlık değerleri tercihen bir ikinci matriks formunda depolanır. Buna uygun olarak bir (n-1) sırasındaki gizli katman ve bir n sırasındaki katmanın nöronları arasındaki ağırlık değerleri tercihen n sırasındaki matriks formunda depolanabilir.

Nöronların eşik değerlerine ait değerler avantajlı olarak bir diğer matriks ile birlikte depolanır. Ağın yapısı, bir yapı dosyası formunda depolanabilir. Yapı dosyası tercihen bir baş kısma, söz konusu başlığa, bir diğer matrikse, birinci matrikse ve ikinci matrikse sahiptir. Özellikle yapının her bir gizli katmanına yönelik yapı dosyası, ilgili matriks yardımıyla ilgili katmanın nöronlarının ağırlık değerlerinin depolanması amacıyla ilgili bir matriksi içerir. Başlık örneğin, ağın nöronlarının aktivasyon fonksiyonları tipi üzerine bilgileri kapsayabilir. Bu şekilde açıklanan yapı dosyasının yalnızca, ağın parametrelerine ait değerlerin ve ağın yapısı üzerine bilgilerin soyut bir formda nasıl depolanabileceğine yönelik bir örnek olduğu anlaşılır.

İkinci iletişim birimi, ağın eğitimini gerçekleştirmeye yönelik olarak tercihen bir makine öğrenme modülüne (ML modülü) sahiptir. Bu açıklama çerçevesinde ağ, bir yapay sinir ağı olarak anlaşılabilir. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü tercihen ağı simüle etmek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, örneğin yapı dosyası kullanımı yoluyla bunu gerçekleştirebilir. Ağın simüle edilmesi ile örneğin ilgili nöronun giriş değerlerine bağlı olarak, ilgili nöronun aktivasyon fonksiyonu kullanılarak ilgili nöronun ilgili bir çıkış değerinin hesaplanması kastedilir. İlgili nöronun çalışma biçimi özellikle, aktivasyon fonksiyonu kullanılarak ilgili nöronun çıkış değerinin ve ilgili nöronun eşik değerinin hesaplanması yoluyla ve ilgili nöronun giriş değerlerine bağlı olarak simüle edilebilir.

Burada kullanıldığı haliyle “modül” terimi, örneğin “modül” ile ilişkili fonksiyonlardan birini gerçekleştirmek için uygun olan, özellikle bunun için tasarlanan bir yürütülebilir program, bir yapay zeka (KI), bir bulanık mantık gibi bilinen veya gelecekte geliştirilecek olan herhangi bir donanım, yazılım türünü veya donanım ve bir donanım ve yazılım kombinasyonunu tanımlar.

Tercihen ML modülü, ağ bir öğrenim durumunda olduğunda ağın bir giriş veri dizisine bağlı olarak, ağın bir çıkış veri dizisinin hesaplanmasını gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Ağın giriş veri dizisi, giriş veri dizine bağlı olarak ağın çıkış veri dizisini hesaplamaya yönelik bir talep olarak anlaşılabilir. Giriş veri dizisi ve çıkış veri dizisinin her biri ilgili değerlere, tercihen, giriş veri dizisinin veya çıkış veri dizisinin ilgili elemanı olarak reel sayılara sahip olabilir. Eğitilen ağın yardımıyla giriş veri dizisine bağlı olarak çıkış veri dizisinin hesaplanması, araçta ağın kullanımına yönelik olası bir varyant olabilir.

Giriş veri dizisi örneğin, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan gelecekteki verilere sahip olabilir. Gelecekteki veriler tercihen, yukarıdaki söz konusu veriler ile aynı yöntemlere göre oluşturulur. Çıkış veri dizisi örneğin araç bileşenini veya aracın bir diğer araç bileşenini kontrol etmek veya düzenlemek üzere kullanılabilir.

ML modülü tercihen, ML modülünün birçok girişinde akım veya gerilim değerleri formunda giriş veri dizisinin değerlerini okumak üzere düzenlenir veya tasarlanır. Buna uygun olarak ML modülü tercihen, ML modülünün bir girişinde, tercihen birden fazla girişinde akım ve gerilim değerleri formunda çıkış veri dizisinin değerlerini vermek üzere düzenlenir ve tasarlanır.

ML modülü tercihen, çok boyutlu uzamlarda fonksiyonları benzetmeye uygun bir veya daha fazla matematiksel fonksiyona sahiptir. Bir veya daha fazla matematiksel fonksiyon tercihen, nöronların farklı aktivasyon fonksiyonlarına sahip olması halinde, en azından nöronların aktivasyon fonksiyonunu veya birçok farklı aktivasyon fonksiyonunu içerir. Ağ örneğin bir kıvrımlı sinir ağı veya radyal bazlı fonksiyon (RBF ağı) olabilir. ML modülü tercihen, ağın parametrelerine ait değerlere bağlı olarak çıkış veri dizisinin değerlerini hesaplamayı gerçekleştirmek üzere düzenlenir ve tasarlanır.

Olası bir düzenlemeye göre çıkış veri dizisinin değerlerinin her biri, ilgili sınıfın giriş veri dizisine tahsis edilebilmesini sağlayan bir olasılığı temsil eder. Örneğin çıkış veri dizisinin değerlerinin her biri, ilgili sınıfa yönelik bir güven değerine işaret edebilir. Çıkış veri dizisinin ilgili güven değerleri, giriş veri dizisinin ilgili sınıfa doğru bir şekilde tahsis edilmesi olasılığı bakımından ilgili sınıfa yönelik bir ölçüte işaret eder.

Örneğin çıkış veri dizisi, giriş veri dizisine birinci sınıfın, ikinci sınıfın veya üçüncü sınıfın doğru bir şekilde tahsis edileceği şekilde her biri sıfır ve yüzde yüz arasında bir olasılığa işaret eden üç reel sayı içerebilir. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, giriş veri dizisine doğru bir şekilde tahsis edilmesi bakımından olasılığı en yüksek olan ilgili sınıfı seçebilir.

Buluşa göre ikinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, eğitim veri dizilerine bağlı olarak ağın eğitilmesini gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Aşağıda örnek olarak, ikinci iletişim biriminin, özellikle ML modülünün, eğitim veri dizileri yardımıyla ağı nasıl eğitebildiğini açıklanır.

Eğitilmemiş durumda ağın parametrelerine ait değer henüz eğitim veri dizilerine uyarlanmaz. Örneğin eğitilmemiş durumda parametrelerin değerleri rastgele sayılar olabilir. Rastgele sayılar örneğin, ağın bir başlatma prosesi ile hesaplanabilir. Burada ağın parametrelerine ait değerler bir rastgele sayıya eşit olarak ayarlanır.

Eğitim veri dizilerinin her biri bir giriş veri dizisine ve ilgili giriş veri dizisine karşılık gelen bir çıkış veri dizisine sahiptir. İlgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisi ve çıkış veri dizisinin her biri değerlere, tercihen reel sayılara sahiptir. Eğitim veri dizilerinin giriş ve çıkış veri dizilerinin her biri tercihen, yukarıda bahsi geçen giriş veri dizisi veya yukarıda bahsi geçen çıkış veri dizisi ile aynı boyuta sahiptir.

Ayrıca ikinci iletişim birimi tercihen verilere, özellikle sensör verilerine ve/veya kontrol verilerine bağlı olarak eğitim veri dizilerini oluşturmak üzere tasarlanır. Bu durum ağın araçta kullanımı sırasında dahi ağın eğitilmesine olanak sağlar. Bu tür bir proses aynı zamanda “sürekli öğrenme” terimi ile bilinir.

Bir örneğe göre sensör değerleri, farklı zaman noktalarında sensör değerlerinin ilgili sensör değeri veya sensör değerlerinin ilgili bir sensör değerleri dizisi saptanabilir. Benzer şekilde sensör değerleri, farklı zaman noktalarında kontrol değerlerinin ilgili kontrol değeri veya kontrol değerlerinin ilgili bir kontrol değerleri dizisi saptanabilir.

Bir varyanta göre ilgili zaman noktasına, eğitim veri dizilerinin ilgili bir eğitim dizisi tahsis edilebilir.

İlgili iletişim birimi, ilgili sensör değerine ve/veya kontrol değerine veya ilgili sensör değerleri ve/veya kontrol değerleri dizisine bağlı olarak ilgili eğitim veri dizilerinin giriş veri dizisini oluşturmak üzere düzenlenebilir. İlgili eğitim veri dizilerinin ilgili giriş veri dizisi örneğin ilgili sensör değerine ve/veya kontrol değerine ve/veya ilgili bir sensör değerleri ve/veya kontrol değerleri dizisine sahip olabilir.

Ayrıca ikinci iletişim birimi, ilgili bir hedef değere veya ilgili bir hedef değerleri dizisine bağlı olarak ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisini oluşturmak üzere tasarlanabilir. Özellikle ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisi, ilgili hedef değere veya ilgili bir hedef değerleri dizisine sahip olabilir. Hedef değerler veya hedef değerleri dizileri örneğin araçtaki manuel girişler vasıtasıyla veya otomatik olarak elde edilebilir.

Örneğin aracın bir diğer kontrol aparatı, hedef değerleri veya hedef değerleri dizilerini saptayabilir, özellikle hesaplayabilir. Bir örneğe göre hedef değerleri veya hedef değerleri dizileri her durumda, ilgili eğitim veri dizisinin tahsis edildiği ilgili zaman noktasında gerçekleşen ilgili bir trafik durumunun değerlendirmesini tanımlayabilir. Bu örneğe göre ilgili sensör değeri, ilgili sensör değerleri dizisi, ilgili kontrol değeri ve/veya ilgili kontrol değerleri dizisi, ilgili bir trafik durumunu tanımlamaya yönelik bilgi içerebilir. İlgili kontrol aparatı, diğer sensör verilerine bağlı olarak bir varyanta göre hedef değerleri veya hedef değerleri dizilerini hesaplayabilir. İlgili sensör verileri tercihen, ilgili bir diğer zaman noktasında aracın ilgili durumunu tanımlayabilir. İlgili diğer zaman noktası, zaman bakımından, ilgili trafik durumunun oluştuğu ilgili zaman noktasından sonra yer alır.

Ağın eğitilmesi sırasında ağın parametrelerinin değerleri, eğitim veri dizilerine uyarlanır. Ağın parametrelerinin değerlerinin eğitim veri dizilerine uyarlanması, özellikle ağın parametrelerin değerlerinin uyarlanması yoluyla, ağın parametre değerleri ile değiştirilebilen genel bir fonksiyonunun, eğitim veri dizileri tarafından temsil edilen teknik bir ilişkiye yaklaşılacak şekilde değiştirilmesi anlamına gelir. Diğer bir deyişle, parametrelerin değerleri uyarlanarak, genel fonksiyon, eğitim veri dizilerindeki veriler arasındaki teknik ilişkiyi açıklayan gerçek bir fonksiyona uyarlanabilir.

Tercihen parametrelerin değerleri, bir kayıp fonksiyonunun değeri azaltılacak şekilde değiştirilir. Kayıp fonksiyonunun değeri tercihen, ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisine karşılık gelen ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak eğitim veri dizilerinin çıkış veri dizilerinin yaklaştırılması sırasındaki bir hata ile ilişkilidir.

Kayıp fonksiyonu, özellikle hata tercihen bir hata kareleri toplamı formunda oluşturulabilir. Tercihen kayıp fonksiyonunun değeri, sapmaların bir fonksiyonu olarak hesaplanır. İlgili sapma özellikle, ağın ilgili bir eğitim çıkış veri dizisinin hesaplanmış değerleri ve ilgili eğitim veri dizisinin ilgili çıkış veri dizisi değerleri arasındaki ilgili bir sapmadan kaynaklanır.

İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü, ML modülünün parametrelerinin değerlerine bağlı olarak ve her durumda ilgili çıkış veri dizisine sahip olan ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak ağın ilgili eğitim çıkış veri dizisini hesaplayabilir. Buna uygun olarak ilgili eğitim çıkış veri dizisi, ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine ve çıkış veri dizisine karşılık gelir.

Ağın eğitim çıkış veri dizileri, eğitim çıkış veri dizilerinin çıkış veri dizileri ile aynı boyuta sahiptir. Özellikle ilgili eğitim çıkış veri dizisinin ilgili elemanları tip olarak ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisinin ilgili elemanlarına karşılık gelir. Ağ yardımıyla ve ilgili eğitim veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak bir hesaplama, bu ilgili eğitim veri dizisinin çıkış veri dizisinin yaklaştırılması olarak anlaşılabilir.
Sapmalara bağlı olarak ağın parametrelerinin değerlerindeki bir değişim, eğitim veri dizilerinin çıkış veri dizilerinin yaklaştırılması sırasındaki hatayı, özellikle kayıp fonksiyonunun değerini azaltabilir. Kayıp fonksiyonunun değerinin önceden belirlenen bir sınırın altına düşmesi durumunda ağ eğitilmiş olarak kabul edilebilir, yani ağ eğitilmiş bir durumda bulunur. Ağın ilgili parametresinin değerindeki ilgili değişim tercihen, örneğin

doğrusal regresyon, geri yayılım ve/veya K ortalama değerlerinin belirlenmesi gibi bir veya daha fazla öğrenme algoritmasının kullanımı ile gerçekleştirilebilir ve ML modülünün (makine öğrenme modülü) ismi nedeniyle aşağıda “makine öğrenimi” olarak işaret edilir.

Buluşa göre ikinci iletişim birimi, eğitim sırasında ağın değerlerindeki değişimleri saptamak üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, özellikle ML modülü avantajlı bir şekilde, tercihen eğitimin ilgili dönemi boyunca, buradan itibaren aynı zamanda eğitim dönemi olarak işaret edilecektir, ağın ilgili parametre değerindeki ilgili değişimi hesaplamak üzere tasarlanır. İlgili dönem boyunca tercihen her bir eğitim veri dizisine yönelik olarak, ilgili eğitim çıkış veri dizisinin hesaplanmış değerleri ve ilgili eğitim veri dizisinin ilgili çıkış veri dizisi değerleri arasındaki ilgili sapma hesaplanır. Dönem başına özellikle, belirlenen tüm sapmalara bağlı olarak bir kayıp fonksiyonu değeri oluşturulur.

Özellikle ML modülü, ilgili dönem boyunca ilgili parametrenin değerindeki hesaplanan değişim yardımıyla ilgili parametrenin ilgili değerini güncellemek üzere tasarlanır. İlgili parametrenin ilgili değerindeki değişim örneğin, kayıp fonksiyonunun, özellikle hatanın ilgili parametreye göre türetildiği bir gradyan yöntemi vasıtasıyla hesaplanabilir. Burada ilgili parametrenin değerine göre kayıp fonksiyonunun, özellikle hatanın ilgili türevine bağlı olarak ilgili parametrenin değerindeki değişim hesaplanabilir. Örneğin ilgili parametrenin değerindeki değişim, bir öğrenme katsayısı ile ilgili türevin çarpımı yoluyla belirlenebilir. İkinci iletişim birimi yardımıyla parametre değerindeki değişimin saptanması örneğin, parametrelerin değerlerindeki değişimlere ait değerlerin ikinci iletişim biriminin belleğine geçici olarak depolanmasını içerebilir.

Kayıp fonksiyonunun değeri ne kadar düşükse, parametrelerin değerleri eğitim veri dizilerine o kadar iyi uyar. Genel olarak, kayıp fonksiyonunun değerinin en aza indirilmesi istenir. Eğitim tarafından kayıp fonksiyonunun değeri ne kadar azaltılırsa, parametrelerin değerlerinin yukarıda açıklanan genelleme hatasının arttığı şekilde eğitim verilerine o kadar yakın eşleşme olasılığı o kadar yüksektir.

Ağın genelleme kapasitesi, özellikle genelleme hatası, örneğin test veri dizileri yardımıyla denenebilir. Test veri dizileri, eğitim veri dizilerine benzer şekilde düzenlenir, fakat yukarıda bahsi geçen eğitime yönelik olarak kullanılmaz. Eğitim sırasında düzenli zaman aralıklarında tercihen ağa her durumda test veri dizilerinin giriş veri dizileri sunulur, yani ağın girişlerinde oluşturulur. Burada tercihen ilgili test veri dizisinin giriş veri

dizisine bağlı olarak, eğitilmiş ağ yardımıyla ilgili bir test çıkış veri dizisi hesaplanır. Test çıkış veri dizilerinin her biri, yukarıda bahsi geçen eğitim çıkış veri dizileri ile aynı formata sahiptir. Genelleme kapasitesinin sayısal olarak belirlenebilmesi amacıyla, test çıkış veri dizisinin ortalama bir hatası avantajlı bir şekilde, test veri dizilerinin çıkış veri dizilerine göre hesaplanır. Bu amaçla örneğin her bir test veri dizisine yönelik olarak, ilgili test veri dizisinin çıkış veri dizisi ve ilgili test veri dizisinin giriş veri dizisine bağlı olarak hesaplanan test çıkış veri dizisi arasındaki ilgili bir sapma belirlenebilir. Genelleme kapasitesi örneğin, bu sapmaların bir ortalama karesi formunda hesaplanabilir.

Farklı sinir ağlarının çok sayıda eğitim prosesi gözlemlenerek, parametrelerin değerlerindeki değişimlerdeki ilgili miktarının, parametrelerin değerlerinin aşırı uyum sağlayıp sağlamadığına dair bilgi sağlayabileceği bulunmuştur. Özellikle, parametrelerin değerlerindeki değişiklikler ne kadar yüksek olursa, genel olarak aşırı uyumun meydana gelme olasılığının o kadar yüksek olduğu tespit edilebilir.

Aşırı uyum, en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişiklik saptanarak tespit edilebildiğinden ve ardından ağın eğitimi durdurulduğundan, eğitime devam edilerek genelleme hatasının daha da kötüleşmesi mümkün olduğu kadar erken önlenebilir.

Avantajlı bir geliştirmeye göre ikinci iletişim birimi, parametrelerin değerlerini düzenli zaman aralıklarında depolamak üzere tasarlanır. Bu geliştirmede, ikinci iletişim biriminin, aşırı uyum tespit etmesi halinde, parametrelerin depolanan değerlerini kullanarak ağın durumunu geri yüklemek üzere tasarlanır. Bu, ağın aşırı uyum tespit edilmeden önce sahip olduğu ağ durumunu geri yüklemeyi mümkün kılar.

Olası bir varyanta göre, ikinci iletişim birimi, düzenli zaman aralıklarında bir geçici yapı dosyası oluşturmak üzere tasarlanabilir. Geçici yapı dosyası, yukarıda bahsedilen yapı dosyası gibi tasarlanabilir. Özellikle, ağın parametrelerinin değerleri, ağın yukarıda belirtilen eğitim dönemlerinin bir sonraki eğitim dönemi gerçekleştirilmeden önce sahip olduğu geçici yapı dosyasında depolanır. Aşırı uyumun algılanmaması durumunda, geçici yapı dosyasının üzerine mevcut bir yapı dosyası yazılabilir. Özellikle, mevcut yapı dosyası, sonraki eğitim dönemi gerçekleştirildikten sonra ağın sahip olduğu ağ parametrelerinin değerlerine sahiptir. Aşırı uyumun algılanması durumunda geçici yapı dosyası depolanır, örneğin bir bellekte, tercihen bir RAM’de depolanır. Bu durumda, geçici yapı dosyası, ağın aşırı uyum tespit edilmeden önce sahip olduğu ağ durumunu

açıklayan bir veri nesnesi olarak anlaşılabilir. Bu, aşırı uyum tespit edilmeden önce ağın sahip olduğu “mümkün olan en iyi” ağ durumunu depolamayı mümkün kılar.

Örnek bir düzenlemeye göre parametrenin değerleri, sinir ağının yukarıda bahsi geçen ağırlık değerlerini içerir. Bu düzenlemede ikinci iletişim birimi, her durumda eğitim sırasında sinir ağının iki nöronu arasındaki ilgili bağlantının kuvvetine işaret eden ağırlık değerlerindeki değişimleri izlemek üzere tasarlanır. Ayrıca, bu düzenlemede, ikinci iletişim birimi, en az bir ağırlık değerindeki bir değişikliğin önceden belirlenmiş bir birinci sınır değerini aştığı durumda aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanır.

Gözlemler yoluyla eğitim sırasında ağırlıkların değerlerindeki değişimler ne kadar fazlaysa, aşırı uyumun meydana gelme ihtimalinin o kadar yüksek olduğu gösterilmiştir. Ağırlıklardan en az birinin değerindeki değişimin birinci sınır değerini aşıp aşmadığının kontrol edilmesi halinde, aşırı uyum nispeten kolay ve hızlı bir şekilde tespit edilebilir.

Bir diğer düzenlemeye göre ikinci iletişim birimi, çok sayıda eğitim dönemi sırasında ağırlık değerlerindeki değişimleri izlemek üzere tasarlanır. Bu düzenlemede, ikinci iletişim birimi, dönemler boyunca en az bir ağırlık değerindeki bir ortalama değişikliğin önceden belirlenmiş bir ikinci sınır değerini aştığı durumda aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanır.

Prensip olarak, ilgili ağırlığın değerindeki değişiklik seviyesinin eğitim döneminden eğitim dönemine farklılık göstermesi mümkündür. Bu durum örneğin, eğitim döneminden eğitim dönemine nöronların ağırlık değerlerindeki değişimlerin seviyesinin salınımından kaynaklanabilir. Yukarıda bahsedilen diğer düzenleme tercihen, ikinci iletişim biriminin aşırı uyumu yalnızca dönemler boyunca en az bir ağırlık değerindeki bir ortalama değişiklik önceden belirlenmiş ikinci sınır değerini aştığında tespit edeceği şekilde bu etkiyi göz önünde bulundurur.

Bir geliştirmede, ikinci iletişim birimi, birkaç eğitim dönemi boyunca ağırlıkların değerlerindeki değişiklikleri izlemek ve dönemler boyunca en az bir ağırlık değerindeki bir dalgalanmanın, önceden belirlenmiş bir üçüncü sınır değerini aşması halinde, aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanır.

Sinir ağlarının eğitimi sırasında yapılan deneyler, nöronların ağırlık değerlerinde kuvvetli bir dalgalanmanın aynı zamanda, parametrelerin değerlerinin aşırı uyumunun varlığına yönelik bir işaret olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, bu varyantta, dönemler boyunca ağırlıkların en az bir ağırlık değerindeki dalgalanmanın önceden belirlenmiş bir üçüncü sınır değerini aşması halinde aşırı uyum saptanır.

Bir geliştirmede, ağırlıkların değerlerinde, özellikle tüm ağırlıklarda, dönemler boyunca ortalama bir dalgalanma da belirlenebilir. Bu geliştirmede, ikinci iletişim biriminin, ağırlıkların değerlerindeki ortalama dalgalanmanın üçüncü sınır değerini veya başka bir sınır değerini aşıp aşmadığını kontrol etmesi ile, ikinci iletişim birimi aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanabilir.

Bir diğer düzenlemede değer parametrelerinin, her biri ilgili nöronun aktivasyonuna yönelik bir eşiğe işaret eden, nöronların yukarıda bahsi geçen eşik değerlerini içermesi ve ikinci iletişim biriminin, eğitim sırasında eşik değerlerindeki değişimleri izlemek üzere tasarlanması sağlanır. Bu tasarımda, ikinci iletişim birimi, nöronların bir nöronunun eşik değerindeki bir değişikliğin önceden belirlenmiş bir dördüncü sınır değerini aşması durumunda aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanır.

Bir nöronun eşik değerindeki bir değişimin seviyesinin ayrıca, aşırı uyumun varlığına dair bir işaret olabileceği gösterilmiştir. Eşik değerlerindeki değişimlere dayanarak aşırı uyumu tespit etmenin avantajı eğitim sırasında yalnızca ilgili nöronun bir parametre değerini izlemenin gerekli olması ve nöronların ağırlık değerlerindeki değişimleri izleme durumunda olduğu gibi ilgili nöronun birçok parametresine ait değerleri izlemenin gerekli olmaması olabilir. Bu şekilde hesaplama zamanından tasarruf edilebilir. Buna ek olarak seçilen nöronun eşik değerindeki değişim ayrıca, eğitim sırasında seçilen nöronun ağırlık değerlerindeki değişim dahil olmak üzere, seçilen nöronun parametrelerinin değerlerindeki bir değişim üzerine bir tür özet bilgi olarak ele alınabilir. Sadece nöronların eşik değerlerindeki değişiklikler dikkate alındığından, bu nedenle aşırı uyumu daha yüksek doğrulukla tespit etmek mümkündür.

Bir geliştirmede, ikinci iletişim birimi, birkaç eğitim dönemi boyunca eğitim sırasında eşik değerlerindeki değişiklikleri izlemek ve dönemler boyunca nöronların bir nöronunun eşik değerindeki ortalama değişikliğin, önceden belirlenmiş beşinci sınır değerini aşması halinde, aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanır.

Prensip olarak, ilgili nöronun eşik değerindeki değişiklik seviyesinin eğitim döneminden eğitim dönemine farklılık göstermesi mümkündür. Bu durum örneğin, eğitim döneminden eğitim dönemine nöronların eşik değerlerindeki değişimlerin seviyesinin salınımından kaynaklanabilir. Yukarıda bahsedilen geliştirme tercihen, ikinci iletişim biriminin, nöronlardan bir nöronun eşik değerindeki ortalama değişikliğin önceden belirlenmiş beşinci sınır değerini aşıp aşmadığını kontrol etmesi ile, aşırı uyumun tespit edileceği şekilde bu etkiyi göz önünde bulundurur.

Ayrıca, ikinci iletişim biriminin, birkaç eğitim dönemi boyunca eşik değerlerindeki değişiklikleri izlemek ve dönemler boyunca nöronlardaki bir nöronun bir eşik değerindeki bir dalgalanmanın, önceden belirlenmiş altıncı sınır değerini aşması halinde, aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanması sağlanabilir.

Sinir ağlarının eğitimi sırasında yapılan deneyler, nöronların eşik değerlerinde kuvvetli bir dalgalanmanın aynı zamanda, aşırı uyumun varlığına yönelik bir işaret olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, bu varyantta, ikinci iletişim birimi tercihen, nöronlardan bir nöronun eşik değerindeki dalgalanmanın, dönemler boyunca, önceden belirlenmiş altıncı sınır değerini aşıp aşmadığını kontrol eder.

Bir geliştirmede, nöronların eşik değerlerinde, özellikle tüm nöronlarda, dönemler boyunca ortalama bir dalgalanma da belirlenebilir. Bu geliştirmede, ikinci iletişim biriminin, eşik değerlerindeki ortalama dalgalanmanın altıncı sınır değerini veya birinci başka bir sınır değerini aşıp aşmadığını kontrol etmesi ile, ikinci iletişim birimi aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanabilir.

Bu amaçla, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, diğer ve birinci diğer sınır değerinin her biri, ağırlıkların değerlerindeki veya eşik değerlerindeki nispeten küçük değişikliklere dayanarak fazla uydurmanın bu şekilde tespit edilmesini önlemek için kullanılır. Ağırlıkların değerlerindeki veya eşik değerlerindeki değişimlerin ilgili sınır değerlerinin altında olması halinde, aşırı uyum tespit edilmez. Diğer bir deyişle, sınır değerleri, ikinci iletişim biriminin aşırı uyumu tespit etmesini sağlayan bir hassasiyeti etkiler. Sınır değerleri deneyler ile belirlenebilir. Sınır değerleri, eğitim veri dizilerine dayanarak ağın yaklaştırılmasının gerekli olduğu teknik bağlama bağlıdır. Yukarıdaki eğitimden önce yapılabilecek bir test eğitiminde aşırı uyum tespit edildiği anda, örneğin en yüksek değişiklik, test eğitimi dönemleri boyunca en yüksek ortalama değişiklik, test

eğitimi dönemleri boyunca en yüksek dalgalanma veya test eğitimi dönemleri boyunca ağırlık değerlerinin ve/veya eşik değerlerinin ortalama dalgalanması belirlenebilir. Bu şekilde belirlenen değişim, ortalama değişim, dalgalanma veya ortalama dalgalanma değerleri, sonraki eğitimlerde birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı, diğer veya birinci diğer sınır değeri olarak kullanılabilir.

Ayrıca bir araca yönelik bir iletişim sistemi önerilir. İletişim sistemi en az bir birinci iletişim birimine ve bir ikinci iletişim birimine ve nöronları olan bir sinir ağına sahiptir. Birinci iletişim birimi, veri iletimine yönelik olarak aracın bir sensörüne bağlanabilir ve aracın bir kontrol aparatına entegre edilebilir. Ayrıca birinci iletişim birimi, sensör veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine göndermek üzere tasarlanır. İkinci iletişim birimi, verileri almak ve verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerini oluşturmak üzere tasarlanır. Buna ek olarak ikinci iletişim birimi, eğitim veri dizilerine bağlı olarak araçta sinir ağının kullanılmasına yönelik olarak sinir ağının eğitimini gerçekleştirmek ve eğitim sırasında sinir ağının parametrelerinin değerlerinin değişimlerini saptamak üzere tasarlanır. Buna ek olarak ikinci iletişim birimi, parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak parametrelerin değerlerinin eğitim veri dizilerine aşırı uyum göstermesini tespit etmek ve ikinci iletişim biriminin aşırı uyumu tespit etmesi halinde sinir ağının eğitimini durdurmak üzere tasarlanır. İletişim sistemi, özellikle birinci ve ikinci iletişim birimi, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre düzenlenebilir.

Ayrıca, araçta sinir ağının kullanımına yönelik olarak bir araçtaki iletişim sisteminin bir sinir ağını eğitmeye yönelik bir yöntem sunulur. İletişim sistemi en az bir birinci iletişim birimine, bir ikinci iletişim birimine ve nöronları olan sinir ağına sahiptir. Yöntem, aşağıdaki adımları içerir.

Birinci adımda, sensör veya sensör aparatı yardımıyla oluşturulan veriler, birinci iletişim birimi yardımıyla ikinci iletişim birimine gönderilir. İkinci adımda veriler, özellikle işletim verileri ikinci iletişim birimi yardımıyla alınır. Üçüncü adımda eğitim veri dizileri, verilere bağlı olarak ikinci iletişim birimi yardımıyla oluşturulur.

Dördüncü adımda ağın eğitimi, eğitim veri dizilerine bağlı olarak gerçekleştirilir. Eğitim, yukarıda açıklanan varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Özellikle ağın eğitiminin uygulanması, ikinci iletişim birimi yardımıyla gerçekleştirilir. Beşinci adımda, eğitim sırasında ağın parametrelerinin değerlerindeki değişimler saptanır. Altıncı adımda, parametrelerin değerlerinin eğitim veri dizilerine aşırı uyarlanması, parametrelerin en az

bir parametresinin değerindeki en az bir değişikliğe bağlı olarak tespit edilir. Bu durum, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Yedinci adımda, aşırı uyumun tespit edilmesi halinde sinir ağının eğitimi durdurulur.

Yöntemin bir geliştirmesine göre, sinir ağı eğitilmeden önce en az bir diğer sinir ağının eğitimi izlenerek en az bir sınır değer belirlenir. Yöntemin bu geliştirmesinde, parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki değişiklik, parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki eğitim dönemleri boyunca ortalaması alınan değişiklik veya parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki değişiklikteki dalgalanmanın sınır değerinden büyük olması halinde, sinir ağının eğitimi sırasında aşırı uyum tespit edilir. Sınır değeri, parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki değişiklik, parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki eğitim dönemleri boyunca ortalaması alınan değişiklik veya parametrelerden en az bir parametrenin değerindeki değişikliğin dalgalanmasının sınır değeri karşılaştırılmasına bağlı olarak, yukarıda belirtilen birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci veya altıncı sınır değeri olabilir.

Yukarıda açıklandığı gibi birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci veya altıncı eşik değeri, aşırı uyumun meydana geldiğinin izlenmesini sağlayan test eğitimi sırasında belirlenebilir. Örneğin, test eğitimi sırasında aşırı uyumu tespit etmek amacıyla genelleme hatası hesaplanabilir. Genelleme hatası tercihen test eğitiminin her döneminden sonra hesaplanır. Genelleme hatasının önceden belirlenmiş bir üçüncü sınır değerinin üzerinde olması halinde, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci veya altıncı sınır değeri yukarıda açıklandığı gibi belirlenebilir. Genelleme hatasının üçüncü sınır değerinin altında olması halinde, test eğitimi tercihen daha ileri düzeyde gerçekleştirilir, yani test eğitiminin bir sonraki dönemi gerçekleştirilir. Ağın eğitimi sırasında, genelleme hatasının her eğitim döneminden sonra hesaplanması gerekmez. Ağın eğitilmesi sırasında, yukarıda belirtilen varyantlardan birine göre aşırı uyum tespit edilebilir. Çoğu durumda, aşırı uyumu tespit etmek için yukarıda belirtilen varyantlar, her bir eğitim döneminden sonra genelleme hatasının ilgili belirlemesinden önemli ölçüde daha az hesaplama çabası gerektirir. Özellikle birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve/veya altıncı sınır değeri, ağın eğitimi öncesinde belirlenebilir. Bu, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve/veya altıncı sınır değerini belirlemek için örneğin ana bilgisayar gibi daha büyük bilgisayarların kullanılmasını mümkün kılar. Ağın eğitimi, aracın kullanımı sırasında gerçekleştirilebilir.

Ayrıca, bir veya daha fazla işlemci ile yürütülebilen komutlara sahip olan bir bilgisayar programı ürünü önerilir. Komutların yürütülmesi, işlemcinin veya işlemcilerin önerilen yöntemi gerçekleştirmesini sağlar. Bilgisayar programı ürünü örneğin, ikinci iletişim biriminin ikinci işlemcisinde yürütülebilir.

Tercih edilen düzenleme örnekleri, aşağıdaki şekillere dayanarak daha detaylı bir şekilde açıklanır. Bağlı istemler, buluşun diğer avantajlı düzenlemelerini açıklar. Şematik olarak

Şekil 1 bir sensöre ve en az bir birinci iletişim birimi ve bir ikinci iletişim birimi ve nöronları olan bir sinir ağı içeren bir iletişim sistemine sahip olan bir aracı gösterir;

Şekil 2 başka sensörleri olan, Şekil 1'de gösterilen aracın bir diğer varyantını gösterir;

Şekil 3 Şekil 1'de gösterilen sinir ağının eğitilmesine yönelik eğitim veri dizilerini gösterir;

Şekil 4 detaylı bir görünüşte Şekil 1'de gösterilen sinir ağını gösterir;

Şekil 5 Şekil 4'te gösterilen sinir ağının eğitilmesine yönelik adımları gösterir.

Referans Listesi

1	Birinci iletişim birimi
2	İkinci iletişim birimi
3	Araç
4	İletişim sistemi
5	Sinir ağı
6_1	Birinci sensör
6_2	İkinci sensör
6_i	i sırasındaki sensör
6_n	n sırasındaki sensör
7	İşlemci
8	Bellek
9	ML modülü
10	Veriyolu
11	Akıllı sensör
20	İşletim veri dizisi

20_1 Birinci işletim veri dizisi

20_2 İkinci işletim veri dizisi

20_j j sırasındaki işletim veri dizisi

20_m m sırasındaki işletim veri dizisi

20_{11} Birinci işletim verisi

20_{12} İkinci işletim verisi

20_{1i} i sırasındaki işletim verisi

20_{1n} n sırasındaki işletim verisi

20_{21} Birinci işletim verisi-2

20_{22} İkinci işletim verisi-2

20_{2i} i sırasındaki işletim verisi-2

20_{2n} n sırasındaki işletim verisi-2

20_{j1} Birinci işletim verisi-3

20_{j2} İkinci işletim verisi-3

20_{ji} i sırasındaki işletim verisi-3

20_{jn} n sırasındaki işletim verisi-3

20_{m1} Birinci işletim verisi-4

20_{m2} İkinci işletim verisi-4

20_{mi} i sırasındaki işletim verisi-4

20_{mn} n sırasındaki işletim verisi-4

21 Eğitim değeri

21_1 Birinci eğitim değeri

21_2 İkinci eğitim değeri

21_j j sırasındaki eğitim değeri

21_m m sırasındaki eğitim değeri

22 Eğitim veri dizileri

22_1 Birinci eğitim veri dizisi

22_2 İkinci eğitim veri dizisi

22_j j sırasındaki eğitim veri dizisi

22_m m sırasındaki eğitim veri dizisi

30 Giriş

30_1 Birinci giriş

30_2 İkinci giriş

30_i i sırasındaki giriş

30_n n sırasındaki giriş

30_{j1} Birinci giriş-2
30_{j2} İkinci giriş-2
30_{ji} i sırasındaki giriş-2
30_{jn} n sırasındaki giriş-2
31 Birinci gizli katman
31_1 Birinci nöron
31_2 İkinci nöron
31_3 Üçincü nöron
32 İkinci gizli katman
32_1 Birinci nöron-2
32_2 İkinci nöron-2
33 Çıkış nöronu
36 Çıkış değeri
41 Birinci ağırlık
42 İkinci ağırlık
43 Üçüncü ağırlık
101 Birinci adım
102 İkinci adım
103 Üçüncü adım
104 Dördüncü adım
105 Beşinci adım
106 Altıncı adım
107 Yedinci adım

Şekil 1, en az bir birinci iletişim birimi (1) ve bir ikinci iletişim birimi (2) ve nöronları olan bir sinir ağı (5) içeren bir iletişim sistemine (4) sahip olan bir aracı (3) gösterir. Şekil 1'de gösterilen varyantta birinci iletişim birimi (1), veri iletimine yönelik olarak aracın (3) en az bir birinci sensörüne (6_1) bağlanır. Şekil 1, birinci iletişim biriminin (1), akıllı sensörün (11) bir kısmı olduğu bir varyantı gösterir. Akıllı sensör (11) burada birinci iletişim birimine (1), özellikle birinci iletişim biriminin (1) bir mikroişlemcisine yönelik bir bağlantıya sahip olan birinci sensörü (6_1) içerir. Alternatif veya ek olarak birinci iletişim birimi (1), şekillerde gösterilmeyen aracın (3) bir kontrol aparatına entegre edilebilir.

Birinci iletişim birimi (1), en azından birinci sensör (6_1) ve/veya kontrol birimi yardımıyla oluşturulan verileri ikinci iletişim birimine (2) göndermek üzere tasarlanır. İkinci iletişim

birimi (2) tercihen bir işlemciye (7) ve bir belleğe (8) sahiptir. Sinir ağı (5) tercihen belleğe (8) soyut formda, örneğin yukarıda açıklanan yapı dosyası formunda depolanır. Sinir ağını (5) simüle etmek üzere ikinci iletişim birimi (2) tercihen bir ML modülüne (9) sahiptir. ML modülü (9) avantajlı bir şekilde yukarıda bahsi geçen ML modülünün (9) yukarıda açıklanan fonksiyonlarına sahip olabilir ve yukarıda bahsi geçen ML modülü (9) ile açıklanan hesaplama adımlarını gerçekleştirmek üzere düzenlenebilir.

İkinci iletişim birimi (2), verileri almak ve verilere bağlı olarak eğitim veri dizilerini (22) oluşturmak üzere tasarlanır. Ayrıca ikinci iletişim birimi (2), eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak araçta (3) sinir ağının (5) kullanılmasın yönelik olarak sinir ağının (5) eğitimini gerçekleştirmek üzere tasarlanır. Buna ek olarak ikinci iletişim birimi (2), eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimleri saptamak ve parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak parametrelerin değerlerinin eğitim veri dizilerine (22) aşırı uyumunu tespit etmek üzere tasarlanır. Ayrıca, ikinci iletişim birimi (2), ikinci iletişim biriminin aşırı uyumunun tespit edilmesi halinde, sinir ağının (5) eğitimini durdurmak üzere tasarlanır.

İkinci iletişim birimi (2), aşağıda aynı zamanda işletim verileri olarak adlandırılan, en azından birinci sensör (6_1) ve/veya kontrol aparatı yardımıyla oluşturulan verilere dayanarak eğitim veri dizilerini (22) oluşturur. Avantajlı olarak birinci sensör (6_1) ve/veya kontrol aparatı, işletim verilerini farklı zaman noktalarında oluşturur. Bir varyanta göre ikinci iletişim birimi (2), birçok işletim veri dizisi (20) formunda işletim verilerini oluşturabilir. Burada işletim veri dizilerinin (20) ilgili işletim veri dizisi, zaman noktalarının ilgili zaman noktasına karşılık gelir. Özellikle ilgili işletim veri dizisinin verileri, ilgili işletim veri dizisine karşılık gelen ilgili zaman noktasında oluşturulur.

Dolayısıyla işletim veri dizileri (20) örneğin, birinci zaman noktasında oluşturulan birinci işletim veri dizisini (20_1), ikinci zaman noktasında oluşturulan ikinci işletim veri dizisini (20_2), m sırasındaki zaman noktasında oluşturulan m sırasındaki işletim veri dizisine (20_m) kadar j sırasındaki zaman noktasında oluşturulan j sırasındaki işletim veri dizisini (20_j) içerebilir. Toplam m sayıda zaman noktalarının ilgili zaman noktasında her durumda bir veya daha fazla işletim verisi, örneğin toplam n sayıda işletim verisi oluşturulabilir. İlgili zaman noktasında üretilen işletim verileri, ilgili zaman noktasında aracın ilgili durumunu temsil edebilir.

Şekil 3 örneğin birinci işletim verisini (20_{11}), ikinci işletim verisini (20_{12}), i sırasındaki işletim verisini (20_{1i}) ve birinci işletim veri dizisinin (20_1) n sırasındaki işletim verisini (20_{1n}) gösterir. Şekil 3 ayrıca birinci işletim verisi-2'yi (20_{21}), ikinci işletim verisi-2'yi (20_{22}), i sırasındaki işletim verisi-2'yi (20_{2i}) ve ikinci işletim veri dizisinin (20_2) n sırasındaki işletim verisi-2'yi (20_{2n}) gösterir. Buna uygun olarak Şekil 3, birinci işletim verisi-3'ü (20_{j1}), ikinci işletim verisi-3'ü (20_{j2}), i sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{ji}) ve j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) n sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{jn}) gösterir. Sadelik bakımından Şekil 3 ayrıca birinci işletim verisi-4'ü (20_{m1}), ikinci işletim verisi-4'ü (20_{m2}), i sırasındaki işletim verisi-4'ü (20_{mi}) ve m sırasındaki işletim veri dizisinin (20_m) n sırasındaki işletim verisi-4'ü (20_{mn}) gösterir. Aşağıda j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), m sırasındaki işletim veri dizisine (20_m) kadar birinci işletim veri dizisini (20_1) içeren işletim veri dizilerinden (20) birini temsil etmelidir, burada j, 1 ile m arasında bir değer alabilir.

Şekil 3 aracın, birinci sensörün (6_1) yanı sıra n sırasındaki sensöre (6_n) kadar ikinci sensör (6_2) dahil olmak üzere diğer sensörlere sahip olduğu Şekil 1'de gösterilen düzenlemenin bir varyantını gösterir. N sensörlerin örnek niteliğindeki bir sensörüne aşağıda i sırasındaki sensör (6_i) olarak da işaret edilir. Şekil 3'te gösterilen varyantta ilgili birinci işletim verisi (birinci işletim verisi (20_{11}), birinci işletim verisi-2 (20_{21}), … birinci işletim verisi-3 (20_{j1}), … birinci işletim verisi-4 (20_{m1})), birinci sensör (6_1), ilgili ikinci işletim verisi (ikinci işletim verisi (20_{12}), ikinci işletim verisi-2 (20_{22}), … ikinci işletim verisi-3 (20_{j2}), … ikinci işletim verisi-4 (20_{m2})) ikinci sensör (6_2), ilgili i sırasındaki işletim verisi (i sırasındaki işletim verisi (20_{1i}), i sırasındaki işletim verisi-2 (20_{2i}), … i sırasındaki işletim verisi-3 (20_{ji}), … i sırasındaki işletim verisi-4 (20_{mi})) i sırasındaki sensör (6_i) ve ilgili n sırasındaki işletim verisi (n sırasındaki işletim verisi (20_{1n}), n sırasındaki işletim verisi-2 (20_{2n}), … n sırasındaki işletim verisi-3 (20_{jn}), … n sırasındaki işletim verisi-4 (20_{mn})) n sırasındaki sensör (6_n) ile oluşturulabilir.

Sinir ağını (5) eğitmek üzere, ilgili zaman noktasında saptanan en azından ilgili sayıda işletim verisinin eşit olmasının avantajlı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle işletim veri dizilerinin (20) ilgili işleme veri dizisine ait ilgili işleme veri dizisi sayısı eşittir, yani n sayısına eşittir.

İlgili işletim verisinin saptanması ile örneğin birinci sensör (6_1), özellikle ilgili birinci sensör (6_i) ve/veya kontrol aparatı yardımıyla ilgili işletim verisinin ölçülmesi veya belirlenmesi kastedilebilir.

Olası bir düzenlemeye göre ikinci iletişim birimi (2), her durumda ikinci iletişim biriminin (2) ilgili işletim veri dizisine (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) ilgili bir eğitim değerini (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) tahsis edeceği şekilde eğitim veri dizilerini (22) oluşturabilir. Prensip olarak ilgili işletim veri dizisine (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) aynı zamanda birçok hedef değeri içeren ilgili bir dizi tahsis edilebilir. Fakat sadelik bakımından yalnızca ayrı eğitim değerlerinin (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), j sırasındaki eğitim değeri (21_j), veya m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) kullanıldığı bir varyant açıklanabilir. Şekil 3'te gösterilen örneğe göre ilgili eğitim veri dizisi (birinci eğitim veri dizisi (22_1), ikinci eğitim veri dizisi (22_2), … j sırasındaki eğitim veri dizisi (22_j), … m sırasındaki eğitim veri dizisi (22_m)), ilgili işletim veri dizisine (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) ve ilgili eğitim değerine (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) sahiptir. İlgili j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) giriş veri dizisi olarak kabul edilebilir. İlgili j sırasındaki eğitim değeri (21_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) çıkış veri dizisi olarak kabul edilebilir.

Örnek bir uygulamaya göre ilgili eğitim değeri (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)), ilgili işletim veri dizisi (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) ile tanımlanan ilgili trafik durumu riski bakımından bir ölçüt olan ilgili bir değer olabilir. Eğitim değeri (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)), şekillerde gösterilmeyen bir diğer kontrol aparatı ile aracın (3) kontrol edilmesine yönelik ilgili kontrol komutlarına bağlı olarak otomatik şekilde saptanabilir. İlgili kontrol komutları örneğin, ilgili işleme veri dizisi (birinci işletim veri dizisi (20_1), ikinci işletim veri dizisi (20_2), … j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), … m sırasındaki işletim veri dizisi (20_m)) oluşturulduktan sonra ilgili bir zaman aralığı içinde bir sürücü tarafından tetiklenebilir. Olası bir düzenlemeye göre örneğin ilgili eğitim değeri (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) ne kadar yüksek olursa, ilgili zaman aralığı içinde

ilgili kontrol komutları o kadar kuvvetli biçimde dalgalanır. Burada ilgili trafik durumu riski ne kadar yüksek olursa, ilgili zaman aralığı boyunca sürücü tarafından aracı kontrol etmeye yönelik yapılan düzeltme hareketleri o kadar kuvvetli olur. Düzeltme hareketleri ne kadar kuvvetli olursa genellikle ilgili kontrol komutları o kadar kuvvetli biçimde dalgalanır.

Bir diğer düzenlemeye göre sürücü, ilgili eğitim değerini (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) manuel olarak oluşturabilir. Örneğin sürücü, aracın bir arayüzüne ilgili eğitim değerini (birinci eğitim değeri (21_1), ikinci eğitim değeri (21_2), … j sırasındaki eğitim değeri (21_j), … m sırasındaki eğitim değeri (21_m)) ekleyerek sonradan ilgili trafik durumunu değerlendirebilir.

Şekil 4, aşağıda girişler (30) olarak da işaret edilen, bir birinci girişi (30_1), bir ikinci girişi (30_2), n sırasındaki girişe (30_n) kadar … i sırasındaki girişi (30_i) olan sinir ağını (5) gösterir. Aşağıda i sırasındaki giriş (30_i), birinci girişi (30_1), n sırasındaki girişe (30_n) kadar ikinci girişi (30_2) içeren girişlerden (30) her birini temsil etmelidir, burada i, 1 ve n arasında bir değer alabilir. Girişler (30), giriş nöronları formunda olabilir. Sadelik bakımından aşağıda ilgili i sırasındaki girişin (30_i), sinir ağı (5) içinde ilgili i sırasındaki girişe (30_i) uygulanan sinir ağının (5) ilgili bir giriş değerini, sinir ağının (5) ilgili bir diğer nöronuna yönlendirdiği varsayılır.

Sinir ağının (5) eğitilmesi sırasında ilgili j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), sinir ağının (5) girişlerine (30) uygulanır, burada j, 1 ve m arasında bir değer alır ve işletim veri dizileri (20) sırasıyla veya istenen bir sırada girişlere (30) uygulanır. Burada birinci giriş (30_1), birinci işletim verisi-3'ü (20_{j1}), ikinci giriş (30_2), ikinci işletim verisi-3'ü (20_{j2}) ... i sırasındaki giriş (30_i), i sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{ji}) ve n sırasındaki giriş (30_n), j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) karşılık gelen n sırasındaki işletim verisi-3'ü (20_{jn}) işler. Basit bir düzenlemeye göre ilgili işletim verisi-3'ün (20_{ji}) işlenmesi, ilgili i sırasındaki giriş (30_i) yardımıyla sinir ağının (5) içindeki ilgili i sırasındaki işletim verisi-3'ün (20_{ji}) yönlendirilmesini içerebilir. J sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) sinir ağının (5) eğitimine yönelik kullanılması halinde, j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) ilgili i sırasındaki işletim verisi-3 (20_{ji}), sinir ağının (5) ilgili i sırasındaki girişinin (30_i) giriş değerine karşılık gelir.

Şekil 4 ayrıca örnek olarak, en azından birinci nörona (31_1), ikinci nörona (31_2) ve üçüncü nörona (31_3) sahip sinir ağının (5) birinci gizli katmanı (31) ve en az bir birinci nöron-2'ye (32_1) ve bir ikinci nöron-2'ye (32_2) sahip sinir ağının (5) ikinci gizli katmanını (32) gösterir.

Sinir ağının (5) gizli katmanlarının sayısı pratikte belirgin şekilde yüksek olabilir ve ayrıca ilgili gizli katmandaki ilgili nöronların sayısı birçok durumda aynı şekilde Şekil 4'te gösterilenden belirgin şekilde daha yüksektir. Örneğin gizli katmanların sayısı, 10 ile 100 arasında olabilir ve ilgili gizli katmanın ilgili nöronlarının sayısı örneğin 5 ila 100 arasında değerler alabilir. Şekil 4'te gösterilen sinir ağı (5), sinir ağının (5) çıkış değerinin (36), girişlere (30) uygulanan giriş değerlerine bağlı olarak sinir ağının (5) içinde hesaplanan değerlerin bir ileri yayılımı ile nasıl hesaplanabildiğini yalnızca örnek olarak gösterir.

Dolayısıyla örneğin ikinci iletişim birimi (2), özellikle ML modülü (9) yardımıyla, her biri farklı değerlere sahip olabilen birinci ağırlıklar (41) vasıtasıyla, girişlerin (30) giriş değerlerine bağlı olarak birinci nöronun (31_1), ikinci nöronun (31_2) ve birinci gizli katmanın (31) üçüncü nöronunun (31_3) ilgili aktivasyon fonksiyonuna yönelik olarak bir giriş değerini hesaplayabilir. Burada j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) işletim verilerinin yukarıda açıklandığı üzere girişlerde (30) bulunduğu ve birinci gizli katmanın (31) nöronlarına yönlendirildiği varsayılır. Örnek olarak, ilgili j sırasındaki işletim veri dizisine (20_j) bağlı olarak birinci nöronun (31_1) aktivasyon fonksiyonuna yönelik giriş değerinin olası bir hesaplaması aşağıda verilir:

$$in_1 = -\vartheta_1 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i1} \cdot 20_{ji}) \ ,$$

burada in_1 birinci nöronun (31_1) aktivasyon fonksiyonunun giriş değerine, ϑ_1 birinci nöronun (31_1) bir eşik değerine, w_{i1} birinci nöron (31_1) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasında birinci ağırlıkların (41) ilgili ağırlığının bir değerine işaret eder, burada i, 1 ila n arasında değerleri alabilir. Birinci nöronun (31_1) bir çıkış değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$out_1 = f_act_1\left(-\vartheta_1 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i1} \cdot 20_{ji})\right) \ ,$$

burada f_act_1 birinci nöronun (31_1) aktivasyon fonksiyonuna ve out_1 birinci nöronun (31_1) çıkış değerine işaret eder. Benzer şekilde ikinci iletişim birimi (2), birinci gizli katmanın (31) ikinci nöron (31_2) ve üçüncü nöronlarının (31_3) aktivasyon fonksiyonuna

ait ilgili giriş değerine bağlı olarak, her durumda birinci gizli katmanın (31) ilgili nöronlarının (ikinci nöron (31_2), üçüncü nöron (31_3)) bir çıkış değerini ilgili j sırasındaki işletme veri dizisine (20_j) bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplayabilir:

$$out_2 = f_act_2\left(-\vartheta_2 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i2} \cdot 20_{ji})\right),$$

$$out_3 = f_act_3\left(-\vartheta_3 + \sum_{i=1}^{n}(w_{i3} \cdot 20_{ji})\right),$$

burada f_act_2 ikinci nöronun (31_2) aktivasyon fonksiyonuna, out_2 ikinci nöronun (31_2) çıkış değerine, ϑ_2 ikinci nöronun (31_2) eşik değerine, w_{i2} ikinci nöron (31_2) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasındaki birinci ağırlığın (41) ilgili bir ağırlık değerine işaret eder ve burada f_act_3 üçüncü nöronun (31_3) aktivasyon fonksiyona, out_3 üçüncü nöronun (31_3) çıkış değerine, ϑ_3 üçüncü nöronun (31_3) eşik değerine, w_{i3} üçüncü nöron (31_3) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasındaki birinci ağırlığın (41) ilgili bir ağırlık değerine işaret eder, burada i, 1 ila n arasında değerleri alabilir.

Benzer şekilde ikinci ağırlıkların (42) değerleri yardımıyla ikinci iletişim birimi (2), özellikle ML modülünün (9) yardımıyla her durumda birinci gizli katmanın (31) birinci nöronunun (31_1), ikinci nöronunun (31_2) ve üçüncü nöronunun (31_3) çıkış değerine bağlı olarak, ikinci gizli katmanın (32) birinci nöron-2'sinin (32_1) ve ikinci nöron-2'sinin (32_2) ilgili aktivasyon fonksiyonunun bir giriş değerini hesaplayabilir. Girişlerin (30) giriş değerleri yerine ikinci gizli katmanın (32) birinci nöron-2'sinin (32_1) ve ikinci nöron-2'sinin (32_2) ilgili aktivasyon fonksiyonunun giriş değerlerini belirlemek üzere, birinci gizli katmanın (31) ilgili nöronlarının (birinci nöron (31_1), ikinci nöron (31_2) ve üçüncü nöron (31_3)) çıkış değerleri kullanılabilir.

Benzer şekilde sinir ağının (5) bir çıkış nöronunun (33) aktivasyon fonksiyonunun bir giriş değeri, ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla üçüncü ağırlıkların (43) değerleri dikkate alınarak ikinci gizli katmanın (32) birinci nöron-2'sinin (32_1) çıkış değerine ve ikinci gizli katmanın (32) ikinci nöron-2'sinin (32_2) çıkış değerine bağlı olarak hesaplanabilir.

Şekil 3'te gösterilen örnekte sinir ağının (5) çıkış değeri (36), çıkış nöronunun (33) giriş değerine ve çıkış nöronunun (33) aktivasyon fonksiyonuna bağlı olarak hesaplanabilen çıkış nöronunun (33) bir çıkış değeridir. Sinir ağının (5) nöronları genellikle ilgili nöronun

aktivasyon fonksiyonunun ilgili giriş değerine bağlı olarak ilgili çıkış değerini hesaplar. Sinir ağının (5) ilgili nöronunun ilgili aktivasyon fonksiyonu örneğin bir tanjant hiperbolik veya bir lojistik aktivasyon fonksiyonu olabilir.

Sinir ağının (5) eğitimi sırasında ilgili j sırasındaki işletim veri dizisine (20_j) yönelik olarak, ilgili j sırasındaki işletim veri dizisinin (20_j) ilgili işletim verisi (birinci işletim verisi-3 (20_{j1}), ikinci işletim verisi-3 (20_{j2}) … i sırasındaki işletim verisi-3 (20_{ji}) … n sırasındaki işletim verisi-3 (20_{jn})) sinir ağının (5) karşılık gelen girişine (birinci giriş-2 (30_{j1}), ikinci giriş-2 (30_{j2}) … i sırasındaki giriş-2 (30_{ji}) … n sırasındaki giriş-2 (30_{jn})) gönderilerek, sinir ağının (5) ilgili çıkış değeri (36) yukarıda açıklandığı gibi hesaplanabilir. İlgili j sırasındaki işletim veri dizisi (20_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) yukarıda bahsi geçen giriş veri dizisine karşılık gelir, burada j, 1 ila m arasında değerleri alır. İlgili j sırasındaki işletim veri dizisine (20_j) bağlı olarak hesaplanan sinir ağının (5) ilgili çıkış değeri (36), yukarıda bahsi geçen eğitim çıkış veri dizisinin ilgili bir değerine karşılık gelir ve ayrıca aşağıda net_out_j olarak gösterilir, burada j, 1 ila m arasında değerleri alır.

İkinci iletişim birimi (2) tercihen ML modülü (9) yardımıyla yukarıda bahsi geçen kayıp fonksiyonunu örneğin aşağıdaki gibi hesaplar:

$$\text{Loss} \quad = \sum_{j=1}^{m} (\text{net_out}_j - \ 21_j)^2 \ ,$$

burada $Loss$, kayıp fonksiyonun değerine ve j sırasındaki eğitim değer (21_j), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) ilgili eğitim verisine işaret eder. Başka bir deyişle kayıp fonksiyonun değeri, karesi alınmış sapmalar toplanarak hesaplanabilir. İlgili sapma, sinir ağının (5) çıkış değeri (36) ve ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) j sırasındaki eğitim değeri (21_j) arasındaki farktır, burada sinir ağının (5) çıkış değeri (36), ilgili j sırasındaki eğitim veri dizisinin (22_j) giriş veri dizisine, yani yukarıda bahsi geçtiği üzere ilgili j sırasındaki işletim veri dizisine (20_j) bağlı olarak hesaplanır.

Yukarıda açıklandığı üzere, örneğin ağırlıkların (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) değerlerindeki değişimler ve/veya eşik değerlerindeki $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3$ değişimler gibi parametrelerin değerlerindeki değişimler, kayıp fonksiyonun değerini minimize etmek amacıyla bir gradyan yöntemi, özellikle geri yayılım yöntemi ile belirlenebilir.

Gradyan yönteminde kayıp fonksiyonunun değeri, sinir ağının (5) ilgili parametresinin değerine göre türetilir. Parametreler özellikle ağırlıkları (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) ve/veya eşik değerlerini $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3$ içerir. Bu şekilde hesaplanan ilgili türev, ilgili parametrenin değerindeki bir değişimi belirlemek üzere kullanılabilir. Dolayısıyla örneğin birinci nörona (31_1) yönelik olarak birinci ağırlıkların (41) değerlerindeki değişimler aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\Delta w_{i1} = -\mu \frac{\partial Loss}{\partial w_{i1}},$$

burada Δw_{i1} , birinci nöron (31_1) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasında bir bağlantı oluşturan birinci ağırlıkların (41) ilgili ağırlığının değerindeki w_{i1} bir değişime işaret eder. Değer μ, öğrenme katsayısı olarak kabul edilebilir. Öğrenme katsayısı örneğin 0,1'e eşittir.

İkinci iletişim birimi (2), örneğin ilgili parametrenin değeri ile ilgili parametrenin değerindeki ilgili değişimin toplanması yoluyla, ilgili parametrenin değerindeki ilgili hesaplanmış değişime bağlı olarak ilgili parametrenin değerinin güncellenmesini gerçekleştirebilir. Birinci nörona (31_1) yönelik olarak birinci ağırlıkların (41) değerleri örneğin aşağıdaki gibi güncellenebilir:

$$w_neu_{i1} = \Delta w_{i1} + w_{i1},$$

burada w_neu_{i1} , birinci nöron (31_1) ve i sırasındaki giriş (30_i) arasında bir bağlantı oluşturan birinci ağırlıkların (41) ilgili ağırlığının değerindeki w_{i1} güncellenmiş değere işaret eder.

Sinir ağının (5) eğitilmesi, ikinci iletişim biriminin (2), tercihen ML modülü (9) yardımıyla zaman bakımından art arda gerçekleştirdiği dönemlere ayrılabilir. Dönemlerin ilgili bir dönemi boyunca, eğitim veri dizilerinin (22) çoğu, tercihen tümü, yukarıda açıklandığı üzere sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerini güncellemek amacıyla en azından bir defa kullanılır.

Buluşa göre ikinci iletişim biriminin (2), eğitim sırasında, özellikle ilgili dönem sırasında sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimleri saptamak üzere düzenlenmesi sağlanır. Parametrelerin değerlerindeki değişimlerin saptanması örneğin

parametrelerin değerlerindeki değişimlerin izlenmesini içerebilir. Olası bir düzenlemeye göre ikinci iletişim birimi (2), ilgili miktarına göre parametrelerin değerlerindeki değişimleri sınırlandırabilir. Tercihen ikinci iletişim birimi (2), ilgili dönemde hesaplanan parametrelerin değerlerindeki değişimlerin sınıflandırılmış bir listesini oluşturmak ve tercihen bellekte (8) depolamak üzere tasarlanır.

İkinci iletişim birimi (2) özellikle parametrelere ait bir parametrenin değerindeki en büyük değişimi, özellikle ağırlıklara (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) ait bir ağırlığın değerindeki en büyük değişimi tercihen listeye dayanarak belirlemek üzere tasarlanır.

Buluşa göre, ikinci iletişim birimi (2), parametrelere ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak aşırı uyumu tespit etmek üzere tasarlanır.

Örneğin, ikinci iletişim birimi (2), ağırlıkların (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) değerlerinin bir değeri veya birkaç değeri için eğitim sırasında yukarıda belirtilen birinci sınır değeri aşan bir değişikliğin hesaplanıp hesaplanmadığını kontrol edebilir. Durum bu olduğunda, ikinci iletişim birimi (2) tercihen sinir ağının (5) eğitimini durdurur.

Alternatif veya ek olarak, ikinci iletişim birimi (2), eğitim sırasında sinir ağındaki (5) nöronların bir eşik değerindeki veya birden fazla eşik değerindeki bir değişikliğin yukarıda belirtilen dördüncü eşik değerini aşıp aşmadığını kontrol edebilir. Durum bu olduğunda, ikinci iletişim birimi (2) tercihen sinir ağının (5) eğitimini durdurur.

Bir alternatif varyanta göre ikinci iletişim birimi (2), çok sayıda veya yukarıda bahsi geçen dönemler sırasında sinir ağının (5) parametrelerindeki değişimlerin ortalama değerlerine sahip olan bir diğer birinci listeyi oluşturabilir. Bu varyantta, ikinci iletişim birimi (2) tercihen, ağırlıkların en az birindeki ortalama değişikliğin yukarıda belirtilen ikinci eşik değerinden daha büyük olması halinde aşırı uyumu tespit eder. Durum bu olduğunda, ikinci iletişim birimi (2) tercihen sinir ağının (5) eğitimini durdurur.

İkinci iletişim biriminin (2), eşik değerlerinden en az birindeki ortalama değişikliğin yukarıda belirtilen beşinci eşik değerinden daha büyük olması durumunda, aşırı uyumu

tanıması da mümkündür. Durum bu olduğunda, ikinci iletişim birimi (2) tercihen sinir ağının (5) eğitimini durdurur.

Bir diğer varyanta göre ikinci iletişim birimi (2), yukarıda bahsi geçen çok sayıda dönem boyunca sinir ağının (5) parametrelerindeki değişimlerin değerlerindeki dalgalanmaların tercihen belleğe (8) depolanabilmesini sağlayan başka bir ikinci listeyi oluşturabilir. İlgili parametrenin değişim değerinin ilgili dalgalanması örneğin, ilgili dönemlerde hesaplanan ilgili parametrenin değişim değerinin ilgili miktarının toplanması ile belirlenebilir.

Bu diğer varyantta, ikinci iletişim birimi (2) tercihen, ağırlıkların (birinci ağırlık (41), ikinci ağırlık (42), üçüncü ağırlık (43)) en az bir değerinin dalgalanmasının yukarıda belirtilen üçüncü eşik değerini aştığı durumda aşırı uyumu tespit eder. Durum bu olduğunda, ikinci iletişim birimi (2) tercihen sinir ağının (5) eğitimini durdurur.

Alternatif veya ek olarak, ikinci iletişim birimi (2) tercihen eşik değerlerinden ϑ_1, ϑ_2, ϑ_3 en az birindeki dalgalanmanın yukarıda belirtilen altıncı eşik değerini aşması durumunda aşırı uyumu tespit edebilir. Durum bu olduğunda, ikinci iletişim birimi (2) tercihen sinir ağının (5) eğitimini durdurur.

Şekil 5, sinir ağı (5) eğitmek üzere bir yöntemin adımlarını gösterir. Birinci adımda (101) birinci iletişim birimi (1) yardımıyla, birinci sensörün (6_1) veya kontrol aparatının yardımıyla oluşturulan veriler ikinci iletişim birimine (2) gönderilir. Şekil 2'de gösterilen düzenlemeye göre veriler, özellikle işletim verileri yalnızca birinci sensörün (6_1) yardımıyla değil, aynı zamanda ikinci sensör (6_2), i sırasındaki sensör (6_i) ve n sırasındaki sensör (6_n) dahil olmak üzere diğer sensörlerin yardımıyla oluşturulabilir. Olası bir düzenlemeye göre birinci iletişim biriminin (1) mikroişlemcisi, farklı zaman noktalarında işletim veri dizilerini (20) oluşturmak üzere tasarlanabilir.

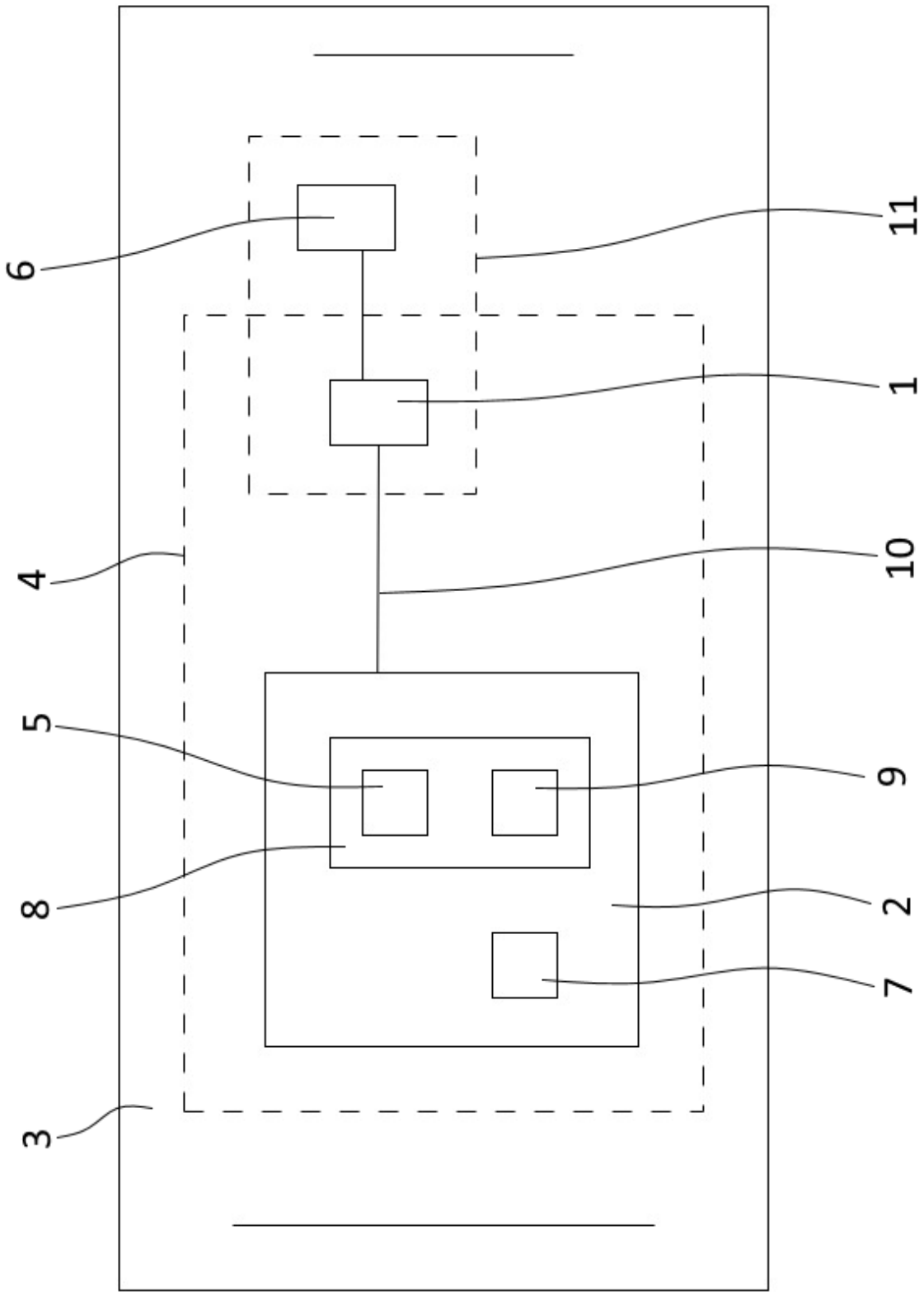
İkinci adımda (102) veriler, özellikle işletim verileri ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla alınır. Bu amaçla veriler tercihen Şekiller 1 ve 2'de gösterilen bir CAN veriyolu (10) yoluyla birinci iletişim biriminden (1) ikinci iletişim birimine (2) gönderilir.

Üçüncü adımda (103) eğitim veri dizileri (22), verilere, özellikle işletim veri dizilerine (20) ve eğitim değerlerine (21) dayanarak ikinci iletişim biriminin (2) yardımıyla oluşturulur. Burada ikinci iletişim birimi (2) eğitim verilerini (21) aynı zamanda şekillerde

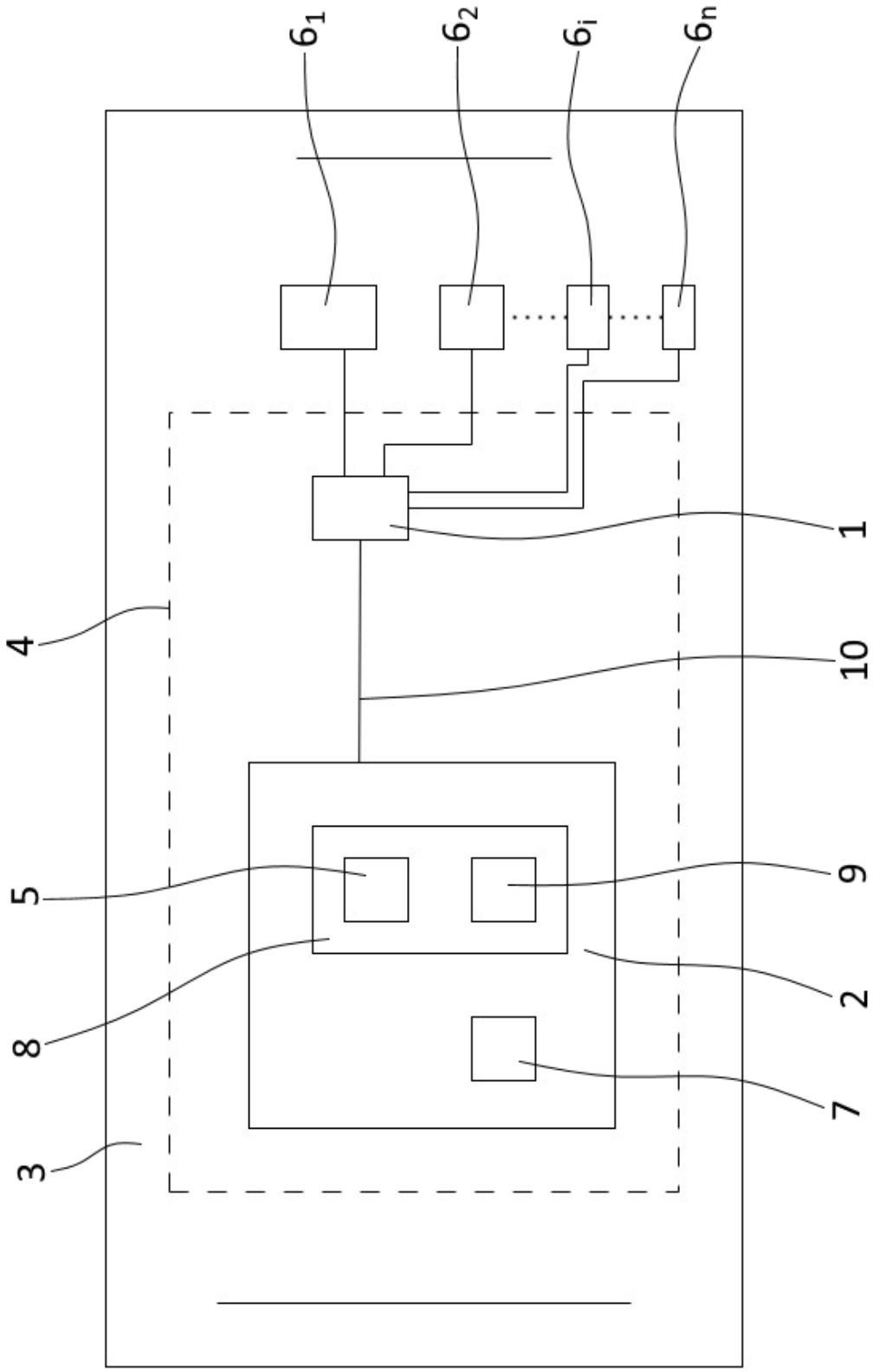
gösterilmeyen bir diğer kontrol aparatından veya aracın (3) sürücüsünden gelen manuel girişe yönelik olarak bir giriş cihazından alabilir.

Dördüncü adımda (104) sinir ağının (5) eğitimi, eğitim veri dizilerine (22) bağlı olarak gerçekleştirilir. Eğitim, yukarıda açıklanan varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Özellikle ağın (5) eğitiminin uygulanması, ikinci iletişim birimi (2) yardımıyla gerçekleştirilir. Beşinci adımda (105), eğitim sırasında sinir ağının (5) parametrelerinin değerlerindeki değişimler saptanır. Böylelikle ikinci iletişim birimi (2), sinir ağının (5) eğitim dönemleri sırasında yukarıda bahsi geçen listeyi, bir diğer birinci listeyi ve/veya bir diğer ikinci listeyi oluşturabilir.

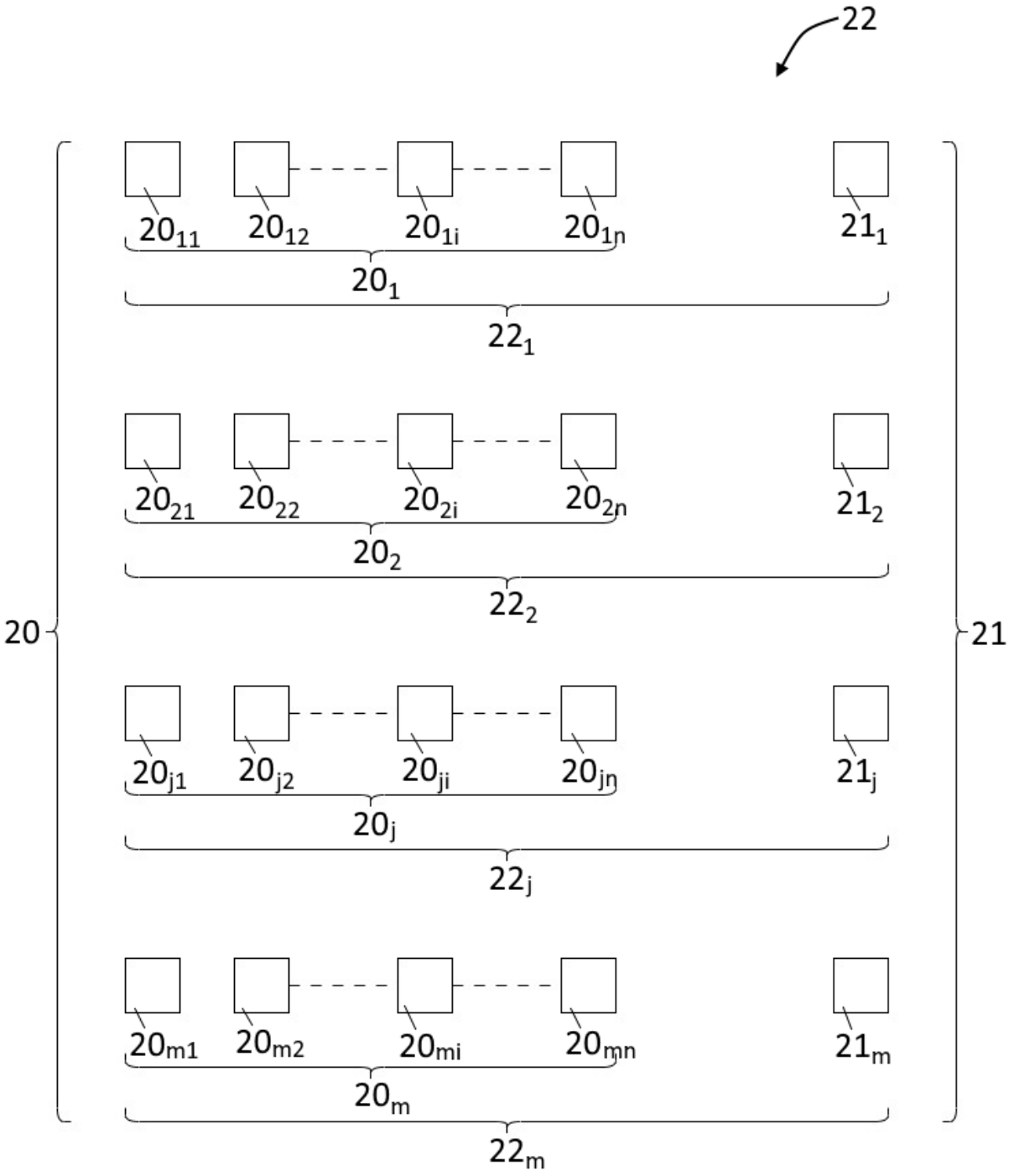
Altıncı adımda (106) sinir ağının (5) aşırı uyumu, sinir ağının (5) parametrelerine ait en az bir parametrenin değerindeki en az bir değişime bağlı olarak tespit edilir. Bu durum, yukarıda bahsi geçen varyantlardan birine göre gerçekleştirilebilir. Yedinci adımda (107), aşırı uyumun tespit edilmesi halinde sinir ağının (5) eğitimi durdurulur.



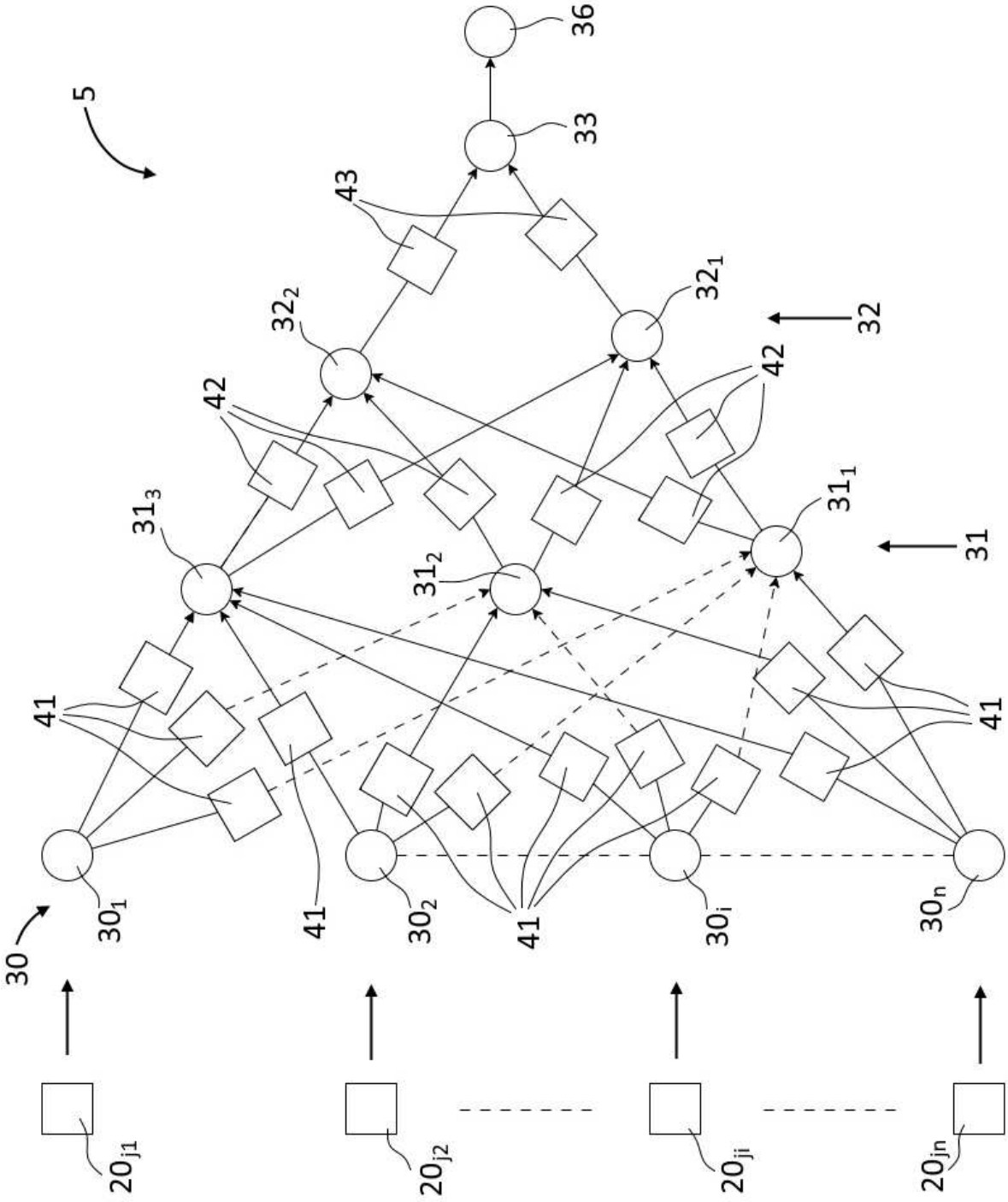
Şekil-1



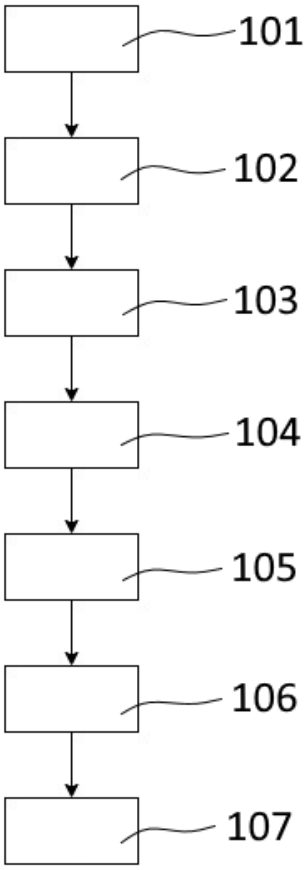
Şekil-2


22
20
21
20_{11}
20_{12}
20_{1i}
20_{1n}
21_1
20_1
22_1
20_{21}
20_{22}
20_{2i}
20_{2n}
21_2
20_2
22_2
20_{j1}
20_{j2}
20_{ji}
20_{jn}
21_j
20_j
22_j
20_{m1}
20_{m2}
20_{mi}
20_{mn}
21_m
20_m
22_m

Şekil-3


5
36
33
43
32
32_1
32_2
42
31
31_1
31_2
31_3
41
30
30_1
30_2
30_i
30_n
20_{j1}
20_{j2}
20_{ji}
20_{jn}

Şekil-4



Şekil-5