

Météorologie GNSS : Estimation au sol de la vapeur d'eau précipitable dans l'atmosphère à l'aide du GNSS.



By: TRYAT team.



La surveillance de la basse atmosphère est l'une des nombreuses applications du GNSS. Elle est connue sous le nom de météorologie GNSS au sol, qui fait l'objet de cette vidéo. L'atmosphère peut être imaginée comme une couverture qui s'enroule autour du corps de la terre. C'est une couche de gaz et de particules qui s'étend de la surface de la terre jusqu'à des altitudes d'environ 1000 kilomètres. L'atmosphère maintient la température de la terre à un niveau confortable pour la vie, empêche les rayons et les radiations nocives d'atteindre la terre et préserve l'eau. L'atmosphère peut être subdivisée en différentes couches : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère et l'exosphère. En géodésie, nous utilisons une autre subdivision, comme vous le verrez dans une minute. L'atmosphère se compose de 78% (78,08%) d'azote et de 21%(20,95%) d'oxygène. Dans cette vidéo, nous nous concentrons sur l'eau, en particulier la vapeur d'eau. L'eau existe dans l'atmosphère en trois phases : gaz, liquide et glace. C'est le paramètre le plus intéressant et le plus difficile pour comprendre les interactions et les modèles complexes des systèmes météorologiques et climatiques. L'eau s'évapore, monte dans l'atmosphère, se refroidit et se condense en nuages, et tombe sous forme de précipitations. Ce processus naturel qui fournit de l'eau douce à partir de l'eau salée de l'océan est appelé le cycle hydrologique. Le cycle de l'eau dans et hors de l'atmosphère est vital pour la formation de la météo. De plus, l'évaporation de l'eau et la condensation de la vapeur d'eau sont liées à l'absorption de la chaleur et au rayonnement. La vapeur d'eau est donc un gaz à effet de serre extrêmement important qui maintient le climat de la Terre propice à la vie. Savez-vous que la vapeur d'eau existe aussi sous un ciel clair ? Voulez-vous le prouver ? Prenez une bouteille dans le réfrigérateur et mettez-la à l'extérieur pendant un certain temps. Vous remarquerez que la vapeur commence à se condenser. La vapeur d'eau précipitable (PWV) est la quantité d'eau qui résulterait de la condensation d'une colonne d'air humide d'une section d'un mètre carré qui s'étend de la surface jusqu'au sommet de la troposphère. Elle est mesurée en millimètres ou en kilogrammes par mètre carré. Étant essentielle pour la météo et le climat, la PWV est

régulièrement mesurée. Des instruments météorologiques tels que les radiosondes sont utilisées, mais ils sont coûteux et les données n'ont pas de résolutions temporelles et spatiales suffisantes. De plus, les mesures in situ ne sont pas toujours faciles à recueillir. Pensez aux régions polaires, par exemple, et d'autres techniques utiles sont donc les bienvenues. La météorologie GNSS est une alternative intéressante ! Voyons ce qu'il en est : sur son chemin du satellite au sol, le signal micro-ondes pénètre dans l'atmosphère terrestre. Pour les satellites GPS qui évoluent à 20000 kilomètres, le temps de propagation d'un signal voyageant en ligne droite est de 67 millisecondes. Cependant, en raison de différentes sources d'erreur, le temps de propagation du signal est nettement plus long. L'une de ces erreurs est le retard dû à la propagation dans l'atmosphère. Pour les applications géodésiques, l'atmosphère est divisée en deux couches : l'ionosphère, qui est la couche ionisée qui s'étend entre 60 et 1000 kilomètres d'altitude, et la neutrosphère, qui est électriquement neutre et s'étend de la surface de la terre à 60 kilomètres. La troposphère est la couche la plus basse de la neutrosphère, avec une épaisseur d'environ 20 kilomètres à l'équateur. C'est là que se trouve la plus grande partie de l'humidité, c'est donc sur elle que nous nous concentrons. Le signal micro-ondes est réfracté lorsqu'il entre dans la troposphère car, contrairement au vide, la troposphère est un milieu dont l'indice de réfraction est supérieur à 1. C'est la même chose que lorsque la lumière est réfractée dans le verre ou l'eau. Cette "courbure" augmente le temps nécessaire au signal pour atteindre le récepteur. Si le signal GPS se déplace vers le bas, la troposphère ajoute un retard d'environ 8,2 nanosecondes à la mesure. Pour un positionnement très précis, cette erreur doit être corrigée. Elle peut également être utilisée pour fournir des informations utiles sur la troposphère. En présence de signaux provenant de plus de quatre satellites visibles et en utilisant une technique appelée positionnement ponctuel précis, PPP, nous pouvons estimer les coordonnées X, Y, Z et la date de réception, ainsi que le retard troposphérique connu sous le nom de retard total au zénith (ZTD). Le ZTD est le retard troposphérique qu'un signal rencontrerait si le satellite émettait vers le bas (90° d'élévation). Le retard troposphérique le long de la ligne de visée du satellite est appelé retard total zénithal. Il est plus important car le trajet est plus long. La ZTD dépend de la température de l'air, de la pression et de la pression de la vapeur d'eau, ce qui nous permet d'extraire des informations sur la quantité de vapeur d'eau (PWV) de la ZTD. La ZTD est la somme du retard hydrostatique au zénith (ZHD) causé principalement par les gaz secs tels que l'oxygène et l'azote, et elle est d'environ 90 %

de la ZTD. Les 10% restants représentent le retard humide au zénith (ZWD) causé par la vapeur d'eau. C'est ce que nous recherchons. $ZWD = ZTD - ZHD$, ZTD est connu. Étant donné la mesure de la pression atmosphérique en hectopascal, le ZHD peut être calculé à partir de la formule suivante : $ZHD \approx 0.002277 * p$. Le ZWD est alors obtenu, il peut donc être converti en PWV. $PWV = \pi * ZWD$ π est une constante empirique qui dépend de l'emplacement de l'antenne GNSS et des conditions météorologiques. Pour simplifier, π peut être fixé à 0,15, ce qui est une règle approximative. Cela signifie que 6,5 millimètres de ZWD équivalent à 1 millimètre de PWV. Voici une série chronologique de PWV estimée à partir de mesures GNSS, qui montre ses rapides variations temporelles et nous montre une dépendance saisonnière. Lorsqu'il fait plus chaud, l'évaporation augmente et donc la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Lorsqu'il fait plus froid, la PWV diminue. C'est tout pour la vidéo d'aujourd'hui. J'espère que vous avez appris une chose ou deux sur la météorologie GNSS. Merci d'avoir regardé!